COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

PARIS. — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, 55.

COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

PUBLIÉS,

CONFORMÉMENT A UNE DÉCISION DE L'ACADÉMIE

EN DATE DU 13 JUILLET 1835,

PAR MM. LES SECRÉTAIRES PERPÉTUELS.

TOME CENT QUATRE-VINGT-DIX-SEPTIÈME.

JUILLET — DÉCEMBRE **1933**.

PARIS,

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE

DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

Quai des Grands-Augustins, 55.

1933

COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 3 JUILLET 1933.

PRÉSIDENCE DE M. ÉMILE BOREL.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre de l'Éducation nationale** adresse ampliation du décret, en date du 30 juin 1933, portant approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **Albert Einstein** pour occuper la place d'Associé étranger vacante par le décès de M. *Albert Michelson*.

Il est donné lecture de ce décret.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Aikitu Tanakadaté**, membre de l'Académie des Sciences de Tokio, et au Professeur **G. A. Nadson**, membre de l'Académie des Sciences de l'U. R. S. S., qui assistent à la séance.

CHIMIE CATALYTIQUE. — *Action favorisante du plomb dans les hydrogénations par l'amalgame de sodium.* Note de M. **Gabriel Bertrand** et Mme **S. Delauney-Auvray**.

L'amalgame de sodium est, en présence de l'eau, un réactif d'hydrogénation d'un usage courant dans les laboratoires de chimie. Le mercure ne paraît intervenir que pour modérer la réaction ; chaque atome de sodium (1), agissant sur une molécule d'eau : $Na + H^2O = NaOH + H$, libère de l'hydrogène atomique, plus apte à entrer en combinaison que l'hydrogène moléculaire.

En pratique il n'en est pas entièrement ainsi, une fraction plus ou moins grande de l'hydrogène se dégage à l'état gazeux et l'on doit employer un excès de réactif. Il arrive même, parfois, que l'hydrogénation par l'amalgame de sodium donne lieu à des échecs complets. C'est ainsi que O. Aschan, répétant une expérience de Herrmann sur la réduction de l'acide benzoïque, a d'abord dépensé plusieurs kilos d'amalgane alcalin sans résultat parce qu'il avait préparé son réactif dans une marmite émaillée et qu'une certaine proportion d'étain était passée en dissolution dans l'amalgame. Aschan a recommandé, à la suite de ces expériences, de n'employer que du mercure soigneusement purifié et d'éviter, pour la préparation, de se servir de récipients susceptibles d'introduire des métaux étrangers (2). Baeyer, puis E. Fischer ont éprouvé des déboires analogues; ils ont émis la supposition que des traces de fer pouvaient entraver l'action réductrice de l'amalgame de sodium et ils ont recommandé de préparer celui-ci dans un mortier de porcelaine à partir de mercure aussi pur que possible.

Ces précautions sont devenues classiques, sans que l'on soit parvenu à expliquer le mécanisme de l'action inhibitrice des métaux étrangers au mercure et au sodium. Aussi les résultats que nous avons obtenus en ajoutant de petites quantités de plomb à l'amalgame alcalin présentent-ils à la fois un intérêt pratique et un intérêt théorique (3).

(1) Probablement après son union avec le groupement chimique intéressé.

(2) *Ber. d. d. chem. Ges.*, **24**, 1891, p. 1864.

(3) Willstaetter, Seitz et Bumm ont cherché les effets produits par divers métaux, à la concentration d'un millième, sur la décomposition de l'eau par l'amalgame de sodium; ils ont trouvé que la vitesse de cette décomposition était généralement augmentée, mais dans une proportion très variable, suivant les métaux : le cuivre et l'argent agissaient faiblement, le plomb et l'étain étaient plus actifs (*Ber. d. deut. chem. Ges.*, **61**, 1928, p. 871).

Nos expériences ont été effectuées en faisant agir comparativement l'amalgame de sodium pur et le même amalgame additionné de doses croissantes de plomb sur le galactose. Dans cette action, l'hydrogène libéré se fixe sur la fonction aldéhydique du galactose et celui-ci est transformé en dulcite. On peut suivre la marche de la transformation, d'une part, en dosant le galactose restant par son pouvoir réducteur ou son pouvoir rotatoire; d'autre part, en séparant la dulcite. Nous avons employé à la fois ces divers moyens de contrôle.

Le galactose a été préparé par hydrolyse du sucre de lait et purifié par des cristallisations dans l'alcool jusqu'à pouvoir rotatoire constant.

Pour les amalgames, on a pris du mercure distillé dans le vide, du sodium séparé au moment du besoin, en morceaux à surface brillante, de gros lingots de sodium commercial, enfin de la limaille de plomb obtenue avec une râpe fine à partir de cylindres de métal pur du commeree. La proportion de sodium a été de 2,5 pour 100 dans tous les amalgames. Celle du plomb a varié suivant les expériences.

L'amalgame de sodium a été préparé dans un creuset en terre réfractaire, en prenant les précautions connues aujourd'hui dans tous les laboratoires. Pour obtenir l'amalgame au plomb, on mettait la limaille dans une capsule de porcelaine et l'on versait dessus une petite quantité de mercure. Par un léger chauffage et en remuant avec une baguette de verre, l'amalgamation se faisait très facilement. Quand elle était complète, on versait le produit dans le creuset contenant le reste du mercure nécessaire à l'opération. On chauffait et ajoutait le sodium à raison de 25^{g} par kilogramme.

Dès qu'ils étaient formés, les amalgames étaient coulés dans des cuvettes en porcelaine à photographie, où ils cristallisaient par refroidissement. On les enfermait aussitôt après dans des flacons bouchés à l'émeri.

L'amalgame de sodium 2,5 pour 100 est facile à réduire en poudre grossière, très commode pour l'emploi. Il en est de même de ceux qui contiennent en outre 1 ou 2 millièmes de plomb. Mais l'amalgame de sodium à 5 millièmes de plomb est déjà très dur, difficile à pulvériser, de décomposition lente par la solution à hydrogéner : tout en donnant à peu près les mêmes rendements que les amalgames moins riches, il ne se prête donc pas aussi bien aux expériences d'hydrogénation.

Chaque expérience a porté sur 10^{g} de galactose, dissous au bain-marie dans 50^{cm^3} d'eau. La solution était faite dans un flacon à large goulot d'une contenance de 1500^{cm^3}. Après refroidissement, on ajoutait une portion d'amalgame pulvérisé de 50^{g} et, en même temps, un volume d'acide sulfu-

rique au 1/5e, juste suffisant pour saturer la soude qui allait se former. On agitait très vivement. Lorsque la réaction, accompagnée d'un certain dégagement d'hydrogène, était terminée, on refroidissait un peu dans la glace, on ajoutait une nouvelle portion de 50^g d'amalgame, de l'acide sulfurique, et ainsi de suite, jusqu'à ce que l'on ait employé 1^{kg} d'amalgame. La transformation du galactose en dulcite, assez rapide au commencement de l'opération, se ralentit au fur et à mesure et, vers la fin, ne progresse pratiquement plus.

On ajoute assez d'eau pour dissoudre le sulfate de sodium et séparer le mercure par décantation. On lave un peu. On additionne de deux volumes d'alcool à 90° la solution aqueuse; on sépare le sulfate de sodium précipité et l'on amène, après concentration dans le vide, le liquide sucré au volume exact de 200$^{cm^3}$. Sur 1 ou 2$^{cm^3}$ on procède au dosage du galactose restant d'après le pouvoir réducteur. Dans une des expériences, nous avons déterminé aussi le galactose par le polarimètre. Il est alors facile de calculer la quantité de dulcite qui a pu prendre naissance.

Le reste de la solution (198 ou 199$^{cm^3}$) est additionné de 400$^{cm^3}$ d'alcool à 90° bouillant, ce qui permet de séparer, au moins après refroidissement, une nouvelle quantité de sulfate de sodium. Le liquide est concentré dans le vide, d'abord au bain-marie par distillation dans un ballon, puis à froid dans une capsule. On obtient une pâte cristalline que l'on essore, on déplace l'eau mère par un peu d'alcool à 50°, puis on lave avec quelques centimètres cubes de solution aqueuse saturée de dulcite. Finalement, on sèche et l'on pèse les cristaux. On a directement de cette manière le rendement en dulcite, mais à cause de la solubilité de cette substance dans l'eau mère (environ 3 parties et demie dans 100 d'eau à + 20°), ce rendement est au-dessous de celui qui est calculé d'après la diminution du pouvoir réducteur. Dans nos expériences, nous avons opéré aussi comparativement que possible en amenant les concentrations au même degré et en lavant avec les mêmes volumes de liquide.

Voici, en négligeant les essais préliminaires, ce que nous avons obtenu :

A. Avec l'amalgame de sodium à 2,5 pour 100.

	Exp. I.	Exp. II.	Exp. III.
Durée de l'opération	5 h.	5 h. 40 m.	5 h. 15 m.
Dosage volumétrique :			
Galactose restant	3^g,05	2^g,37	3^g,22
Galactose transformé	69,5 %	70,8 %	67,8 %

	Exp. I.	Exp. II.	Exp III.
Durée de l'opération	5 h.	5 h. 40 m.	5 h. 15 m.
Dosage polarimétrique :			
Galactose restant	–	3g,08	–
Galactose transformé	–	68,4 %	–
Dosage pondéral :			
Dulcite pesée	64,2 %	64,6 %	62,1 %

B. Avec l'amalgame de sodium à 2,5 pour 100 additionné de :

	1 ‰ de plomb.		2 ‰ de plomb.	
	Exp. IV.	Exp. V.	Exp. VI.	Exp. VII.
Durée de l'opération	3 h.	3 h. 30 m.	4 h. 30 m.	4 h. 30 m.
Dosage volumétrique :				
Galactose restant	presq. indos.	1g,09	presq. indos.	presq. indos.
Galactose transformé	>90 %	89,1 %	>90 %	>90 %
Dosage pondéral :				
Dulcite pesée	7,73 %	75,8 %	89,9 %	90,9 %

Malgré la multiplicité des opérations, l'entraînement de petites quantités de galactose et de dulcite par le sulfate de sodium, la limite de précision des dosages, on voit qu'il y a une différence très nette entre l'action de l'amalgame de sodium pur et celle du même amalgame additionné de plomb. La différence apparaît encore plus grande si l'on observe que la dulcite recueillie et pesée est beaucoup plus pure quand elle est produite avec le second amalgame qu'avec le premier : elle possède presque d'emblée le point de fusion maximum tandis que l'autre doit être recristallisée une ou deux fois pour arriver au même point.

Ainsi, contrairement à l'opinion classique, l'addition d'un métal étranger à l'amalgame de sodium ne nuit pas forcément à l'action hydrogénante de celui-ci; elle peut même la catalyser positivement, la rendre à la fois plus rapide et plus complète, ce qui présente un grand intérêt au point de vue de la pratique du laboratoire.

Il est encore difficile de donner une théorie convenable des résultats que nous venons de rapporter. Celle qui se présente tout d'abord à l'esprit est la production temporaire d'un hydrure de plomb, mais sans doute est-il préférable, avant d'en faire état, d'attendre de nouvelles expériences.

M. E. Cartan fait hommage à l'Académie de son Ouvrage *Les espaces métriques fondés sur la notion d'aire*, fascicule I des *Exposés de géométrie* publiés sous sa direction.

M. Paul Pascal, par l'organe de M. H. Le Chatelier, fait hommage à l'Académie du Tome X du *Traité de Chimie minérale* publié sous sa direction : *Nickel — Chrome — Cobalt. Étude générale des complexes*, par M[me] Raymonde Duval, M[lle] Suzanne Veil et MM. Charles Eichner, Paul Job, Victor Lombard. Secrétaire général : Paul Baud.

NOMINATIONS.

M. Maurice Leriche est désigné pour représenter l'Académie, à la place de M. Em. de Margerie, précédemment délégué et empêché, à la XVI[e] session du *Congrès géologique international* qui se tiendra à Washington du 22 au 29 juillet 1933.

ÉLECTIONS.

M. Émile Marchal est élu Correspondant pour la Section d'Économie rurale par 45 suffrages contre 1 à M. *C. Gorini*, en remplacement de M. *B. Bang* décédé.

M. Édouard Chatton est élu Correspondant pour la Section d'Anatomie et Zoologie par 46 suffrages contre 2 à M. *A. Policard* et 1 à M. *L. Boutan*.

PRÉSENTATIONS.

Dans la formation d'une liste de candidats à la Chaire de *Constructions civiles* du Conservatoire national des Arts et Métiers, pour la première

ligne, M. *Jacques Mesnager* obtient 30 suffrages contre 18 à M. *Eugène Freyssinet*. Il y a 1 bulletin blanc.

Pour la seconde ligne, M. *Eugène Freyssinet* obtient 24 suffrages. Il y a 14 bulletins blancs.

En conséquence la liste présentée à M. le Ministre de l'Éducation nationale comprendra :

En première ligne............. M. **Jacques Mesnager**
En seconde ligne............. M. **Eugène Freyssinet**

PLIS CACHETÉS.

M. **Henri Lalande** demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 25 avril 1910 et enregistré sous le n° 7622.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient une Note intitulée *Théorie pathogénique du cancer.*

(Renvoi à la Section de Médecine et de Chirurgie.)

M. **Gaston Melles** demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 26 juin 1933 et enregistré sous le n° 10750.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient un mémoire intitulé : *Théorie des nombres. Sommation de deux puissances* $n^{ième}$.

(Renvoi à la Section de Géométrie.)

CORRESPONDANCE.

L'Académie est invitée à prendre part à l'*International automotive Engineering Congress* qui se tiendra à Chicago du 28 août au 4 septembre 1933.

M. le **Ministre de l'Éducation nationale** invite l'Académie à élire six de ses Membres qui feront partie du *Conseil supérieur de la Recherche scientifique*.

MM. **Pieter Zeeman** et **Albert Einstein**, élus Associés étrangers, adressent leurs remercîments à l'Académie.

M. et Mme **Frédéric Joliot-Curie** adressent un rapport sur l'emploi qu'ils ont fait d'une subvention qui leur a été accordée sur la *Fondation Loutreuil*, en 1932.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Intégration des systèmes d'équations fonctionnelles*. Note (¹) de M. **C. Popovici**.

Considérons un système d'équations

$$
(1)\qquad \begin{cases} \sum_{k=0}^{p} a^k f[\mathrm{K}] + \sum_{k=0}^{q} b^k \varphi[\mathrm{K}] = g, \\ \sum_{k=0}^{r} c^k f[\mathrm{K}] + \sum_{k=0}^{s} d^k \varphi[\mathrm{K}] = h, \end{cases}
$$

où f et φ sont les fonctions inconnues d'une variable x, a^k, b^k, c^k, d^k, g, h et les K des fonctions données de x [$\mathrm{O}(x)$ désigne x].

La méthode que nous donnerons pour trouver f et φ est une extension de la méthode que nous avons donnée pour résoudre des équations intégro-fonctionnelles (²) et pour examiner la nature de l'ensemble des solutions. Nous verrons également que cet ensemble a la puissance de l'ensemble de fonctions.

Pour intégrer le système (1) nous désignerons deux cas :

1° Les transformations $\mathrm{K}(x)$ forment un groupe (³); par exemple on s'aperçoit qu'il existe une transformation, soit $1(x)$, dont tous les $\mathrm{K}(x)$

(¹) Séance du 19 juin 1933.

(²) Voir *Comptes rendus*, 159, 1914, p. 1866-1869; *Circolo Palermo*, 39, 1915, p. 341-344; *Congrès Math. de Bologne*, 3, 1928, p. 121-132; *Bull. des Sc. math.*, 53, juillet-août 1929, p. 213-224 et 232-247; *Rendiconti Lincei*, 6e série, 10, 1929, p. 413; *Mathematica Cluj*, 3, 1930, p. 49-63, etc. On y voit que la méthode s'applique, non seulement lorsque nous faisons dans f et φ des transformations $\mathrm{K}(x)$ sur la variable x, mais aussi lorsque nous faisons sur f et φ eux-mêmes des opérations de différentiation et intégration, combinées ou non avec ces transformations de la variable.

(³) Comme par exemple les opérations de dérivation.

sont des itérés de certains ordres positifs ou négatifs (¹). Alors, par un nombre minimum d'itérations convenables en $1(x)$ faites sur les équations (1), on trouvera un nouveau système d'équations qui nous permettra d'éliminer l'une des fonctions inconnues f ou φ. L'équation qui en résulte, avec une seule fonction inconnue, peut s'intégrer *toujours* par une des méthodes que nous avons donné et, si n est l'ordre de cette équation, nous avons prouvé que la solution générale dépend de n fonctions arbitraires et de leurs itérés, de manière qu'on peut choisir une solution qui coïncide avec n arcs de *courbes arbitrairement données*, dans n intervalles : $\xi_i \xi_i(1)$, $i = 1, \ldots, n$ et les ξ_i arbitraires. Cette solution sera unique.

2° Les transformations $K(x)$ ne forment pas un groupe. Alors désignons les opérateurs A, B, C, D :

$$A f = \sum_{k=0}^{p} a^k f[K], \qquad \ldots, \qquad D\varphi = \sum_{k=0}^{s} d^k \varphi[K].$$

Nous aurons les équations symboliques :

$$(1') \qquad \begin{cases} Af + B\varphi = g, \\ Cf + D\varphi = h. \end{cases}$$

D'où par déterminants on aura

$$f = \frac{Dg - Bh}{DA - BC}.$$

Nous verrons la signification de ce déterminant. Pour le moment remarquons qu'on ne peut l'écrire que si les opérations B et D sont réversibles. Si $BD \neq DB$ et si aussi $AC \neq CA$ alors, si l'on veut résoudre f, on peut écrire

$$f = \frac{DB^{-1}g - h}{DB^{-1}A - C}.$$

Mettons

$$DB^{-1}g - h = M \qquad \text{et} \qquad \mathcal{G} = 1 + C - DB^{-1}A,$$

on aura

$$f = M + \mathcal{G}M + \mathcal{G}^{(2)}M + \ldots + \mathcal{G}^{(n)}M + \ldots.$$

(¹) Il faut remarquer qu'il peut exister plusieurs itérés d'un même rang négatif, il faudra alors faire un choix des branches.

C'est une solution particulière (¹). Quelle soit convergente ou non (²), il existe une infinité de solutions. On peut les former d'après les méthodes que nous avons donné dans nos travaux antérieurs (²), et il en résulte de la même manière que la solution générale dépend de fonctions arbitraires en nombre de $m \leqq p+q+r+s$. On pourra prendre pour f (ou pour φ) des valeurs arbitraires dans des intervalles $\xi_k \xi_k(\mathrm{K})$ où les ξ_k sont m points choisis arbitrairement.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le nombre de zéros d'une classe de fonctions analytiques dans un secteur.* Note (³) de **M. C. E. Winn.**

1. Il est bien connu que pour une fonction entière $f(z)$ d'ordre unité du type moyen, c'est-à-dire pour laquelle, avec $|z|$ assez grand,

$$\log|f(z)| < \mathrm{K}|z|; \tag{1}$$

le nombre de zéros dans le cercle $|z| \leqq r$ est d'ordre $\mathrm{O}(r)$.

Je cherche ici un résultat analogue pour le nombre de zéros $\mathrm{N}(r, \alpha)$ contenu dans le secteur

$$|z| \leqq r, \qquad |\arg z| \leqq \alpha, \tag{2}$$

lorsque $f(z)$ est analytique, satisfaisant à la condition (1) dans le secteur

$$|\arg z| \leqq \beta, \qquad \text{où} \qquad 0 < \alpha < \beta \leqq \frac{\pi}{2}.$$

Je trouve également que $\mathrm{N}(r, \alpha)$ *est d'ordre* $\mathrm{O}(r)$, *pourvu qu'on ait sur l'axe réel positif, avec z assez grand,*

$$\log|f(z)| > -\mathrm{H}z \quad (^4). \tag{3}$$

(¹) En effectuant les $\mathcal{G}^{(n)}$ il faut prendre garde que les transformations $\mathrm{K}(x)$ ne sont pas toutes permutables.

(²) Pour le cas où $f = \mathrm{M}/0$, alors $\mathrm{M} = \mathcal{G}(\mathrm{M})$ et s'imposent pour f des solutions logarithmiques; lorsque $f = 0/0$, on trouve des solutions qui rappellent la règle du rapport des dérivées.

(³) Séance du 26 juin 1933.

(⁴) Il est évident que ce théorème reste vrai pour un secteur quelconque d'un angle $2\alpha < 2\beta \leqq \pi$, avec une restriction pareille à (3) sur $f(z)$ au long de la bissectrice.

2. En effet, fixons $\beta' > \alpha$ et $< \beta$, et désignons par γ l'angle aigu pour lequel $\sin\gamma = \sin\alpha \operatorname{cosec}\beta'$. On vérifie alors que le cercle S_ν,

$$|z - r_\nu \sin\gamma \operatorname{cosec}(\gamma+\alpha)| \leqq r_\nu \sin\alpha \operatorname{cosec}(\gamma+\alpha) = \rho_\nu \qquad (\nu = 1, 2, \ldots),$$

contient la région annulaire

$$(4) \qquad r_{\nu+1} = r_\nu \sin(\gamma-\alpha)\operatorname{cosec}(\gamma+\alpha) \leqq |z| \leqq r_\nu, \qquad |\arg z| \leqq \alpha.$$

Ainsi, posant $r_1 = r$, on voit facilement que le secteur (2) est couvert, sauf pour une partie à distance finie de l'origine, par la suite de cercles $S_1, S_2, \ldots, S_j$, avec j convenablement grand. Par conséquent, en désignant par n_i le nombre de zéros de $f(z)$ dans S_ν, on déduit que

$$(5) \qquad N(r, \alpha) \leqq m + \sum_{\nu=1}^{\infty} n_\nu,$$

l'origine étant un zéro d'ordre m.

3. Afin de calculer une borne supérieure pour n_ν, on applique le théorème de Jensen à la fonction

$$g(z) = f(z + \rho_\nu \operatorname{cosec}\beta'),$$

en se servant des conditions (1) et (3) respectivement pour les termes

$$\frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} \log|g(re^{i\vartheta})|\,d\vartheta \quad \text{et} \quad \log|g(0)|.$$

Il en ressort que n_ν reste inférieur à un multiple fini de r_ν (pour tout ν). Puis, grâce au rapport *fixe* en (4), entre $r_{\nu+1}$ et r_ν, on déduit de (5) que

$$N(r, \alpha) < A r,$$

où A dépend seulement de α, β, K et H [1].

4. Je ferai remarquer que l'on parvient à remplir le secteur donné d'angle 2α avec des cercles de rayons convenables circonscrits autour des points $(R_\nu, 0)$, et qui restent intérieurs [2] au secteur d'angle 2β, pourvu que R_ν augmente avec ν en sorte que

$$(6) \qquad \varliminf_{\nu \to \infty} \frac{R_{\nu+1}}{R_\nu} > 1$$

---

[1] On peut supposer que β' est choisi pour rendre A minimum.

[2] Le rapport entre le rayon et la distance du centre de $\arg z = \beta$ doit avoir, en outre, une limite supérieure *moindre que l'unité*.

et

$$(7)\qquad \overline{\lim_{\nu\to\infty}} \frac{R_{\nu+1}}{R_\nu} < \sin(\delta+\alpha)\,\text{coséc}(\delta-\alpha),$$

où $\sin\delta = \sin\alpha\,\text{coséc}\,\beta$. *Il suffit donc que la condition* (3) *soit vérifiée pour des telles valeurs* $z = R_\nu$.

Avec des conditions plus compliquées (¹), on peut établir, par une légère modification de construction, la suffisance de (3) pour $z = R_\nu e^{i\vartheta}$ avec $2|\vartheta_\nu| \leqq \vartheta$, pour que, dans le secteur

$$|z| \leqq r, \qquad 0 < \alpha < \beta - \vartheta \leqq \frac{\pi}{2} - \vartheta \qquad (0 < \vartheta < \beta),$$

le nombre de zéros soit d'ordre $O(r)$.

5. Il convient de noter en conclusion que les résultats précédents sont susceptibles d'une extension immédiate au moyen de la transformation $z = \xi^p$ $(p > \frac{1}{2})$. Je me borne à en citer la première :

Si, dans le secteur infini $|\arg z| \leqq \beta \leqq \pi/2p$, *la fonction* $f(z)$ *est analytique, satisfaisant à la condition*

$$\log|f(z)| < K|z|^p,$$

pour assez grand $|z|$, *tandis que, pour des valeurs positives assez grandes de* z,

$$\log|f(z)| > -Hz^p,$$

alors le nombre de zéros de $f(z)$ *dans le secteur*

$$|z| \leqq r, \qquad |\arg z| \leqq \frac{\alpha}{p},$$

où $0 < \alpha < \beta$, *est d'ordre* $O(r)$.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Rectification de l'Imprimeur au sujet d'une Note de M.* **R. Salem.**

Il s'agit d'une Note de M. **Raphaël Salem**, *Sur une propriété de certaines séries de Fourier*, présentée par M. Émile Borel à la séance du 26 juin 1933 et parue aux *Comptes rendus*, nº 26, page 1951 :

Par suite d'une erreur de mise en pages, les onze premières lignes de la page 1952 doivent être reportées à la fin du texte de la page 1953.

(¹) Les conditions qui correspondent à (6) et (7) comprendraient, bien entendu, les arguments, ainsi que les modules, des valeurs en question.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur l'intégrale de Stieltjes représentant une fonction holomorphe à partie réelle positive.* Note [1] de M. **Julius Wolff**, présentée par M. Émile Borel.

Soit $f(z)=f(x+yi)=u(z)+iv(z)$ holomorphe et à partie réelle $u(z)$ positive dans le demi-plan $D(x>0)$.

Posons

$$\psi(z)=\int_1^z (u\,dy+v\,dx).$$

On sait que, pour $-\infty<t<\infty$, la limite finie existe

$$\lim_{x\to 0}\psi(x+ti)=\varphi(t),$$

que $\varphi(t)$ est une fonction non décroissante et que, pour chaque z de D,

$$(1)\qquad f(z)=\frac{1}{\pi}\int_{-\infty}^{\infty}\left(\frac{1}{z-ti}+\frac{1}{1+ti}\right)d\varphi+\lambda z+\mu,$$

où $\lambda\geq 0$ et μ réel [2].

L'axe imaginaire contient une pleine épaisseur E de valeurs de t pour lesquelles la limite finie $\lim\limits_{x\to 0}f(x+ti)$ et la dérivée finie $\varphi'(t)$ existent.

Sans nuire à la généralité nous admettrons que $z=0$ appartient à E. Supposons d'abord $\varphi'(0)=0$.

On a, pour $x>0$,

$$(2)\qquad f(x)=\frac{1}{\pi}\int_{-\infty}^{\infty}\left(\frac{1}{x-ti}+\frac{1}{1+ti}\right)d\varphi+\lambda x+\mu.$$

Or, pour $0<x<1$, on a

$$(3)\qquad \left|\int_{-x}^{x}\left(\frac{1}{x-ti}+\frac{1}{1+ti}\right)d\varphi\right|\leq 2\,\frac{\varphi(x)-\varphi(-x)}{x},$$

quantité tendant vers zéro avec x, en vertu de $\varphi'(0)=0$.

Par conséquent,

$$(4)\qquad \lim_{x\to 0}f(x)=\frac{1}{\pi}\lim_{x\to 0}\int_{|t|>x}\left(\frac{1}{x-ti}+\frac{1}{1+ti}\right)d\varphi+\mu.$$

---

(1) Séance du 26 juin 1933.

(2) J. Wolff et F. de Kok, *Bull. de la Soc. math. de France*, 60, III-IV, 1932, p. 225.

Comparons l'intégrale dans (4) à l'intégrale

$$\int_{|t|>x}\left(\frac{1}{-ti}+\frac{1}{1+ti}\right)d\varphi.$$

Je dis que la différence entre ces deux intégrales tend vers zéro avec x. En effet, sa valeur absolue est au plus égale à

$$x\int_{|t|>x} t^{-2}\,d\varphi.$$

Étant choisi un nombre $\varepsilon>0$, déterminons h tel que

$$|\varphi(t)|<\varepsilon|t| \qquad \text{pour } |t|\leqq h.$$

L'intégration par parties donne alors, pour $0<x<h$,

$$x\left(\int_x^h t^{-2}\,d\varphi+\int_{-h}^{-x} t^{-2}\,d\varphi\right)$$
$$\leqq x\left\{\frac{\varphi(h)-\varphi(-h)}{h^2}-\frac{\varphi(x)-\varphi(-x)}{x^2}\right\}+4\varepsilon x\left(\frac{1}{x}-\frac{1}{h}\right)<\delta\varepsilon.$$

De plus,

$$x\int_{|t|>h} t^{-2}\,d\varphi\to 0 \qquad \text{en vertu de} \qquad \int_{|t|>h} t^{-2}\,d\varphi<\infty \quad (^1).$$

Nous trouvons ainsi

$$(5) \qquad \lim_{x\to 0} f(x)=\frac{1}{\pi}\lim_{x\to 0}\int_{|t|>x}\left(\frac{1}{ti+1}-\frac{1}{ti}\right)d\varphi+\mu.$$

Supposons maintenant $\varphi'(0)=c>0$. Posons $\varphi=ct+\varphi_1$ dans (2). En nous servant de l'égalité

$$\frac{1}{\pi}\lim_{x\to 0}\int_{|t|>x}\left(\frac{1}{ti+1}-\frac{1}{ti}\right)dt=1,$$

et, en remplaçant $z=0$ par un point arbitraire de E, nous parvenons au résultat suivant :

L'axe imaginaire contient une pleine épaisseur E *de points* αi *tels que*

$$(6) \quad \lim_{x\to 0} f(x+\alpha i)=\frac{1}{\pi}\lim_{x\to 0}\int_{|t-\alpha|>x}\left(\frac{1}{\alpha i-ti}+\frac{1}{1+ti}\right)d\varphi+\lambda\alpha i+\mu+\varphi'(\alpha).$$

Donc, on rend la formule (1) valable pour les points $z=\alpha i$ de E, en prenant la valeur principale de l'intégrale et en ajoutant $\varphi'(\alpha)$ à μ.

---

(1) *Loc. cit.*, p. 223.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les théorèmes topologiques de la théorie des fonctions de variables réelles.* Note de M. C. **Kuratowski**, présentée par M. Émile Borel.

La théorie des fonctions représentables analytiquement et des fonctions mesurables B, créée par MM. Baire, Borel et Lebesgue, était au début de son développement un chapitre de la théorie des fonctions de variables réelles : on supposait toujours que les arguments et les valeurs des fonctions considérées appartenaient au domaine réel. Dans les recherches ultérieures (Hausdorff, Hahn) on s'est débarrassé de l'hypothèse que les arguments soient réels, en supposant d'une façon plus générale qu'ils appartenaient à un espace métrique arbitraire, tout en admettant toujours que les valeurs soient des nombres réels. Dernièrement on a étendu un grand nombre des théorèmes de cette théorie au cas où les deux espaces, celui des arguments et celui des valeurs, sont des espaces métriques séparables les plus généraux (voir Hausdorff, *Mengenlehre*, p. 267 et suiv., et les Notes de M. Banach et moi dans *Fund. Math.*, 17, p. 275 et suiv.). Les énoncés qui suivent montrent qu'il en est encore de même des théorèmes sur le prolongement des fonctions mesurables B ; ainsi, dans l'état actuel *une grande partie de la théorie des fonctions est devenue un chapitre de la topologie des espaces métriques.*

Théorème. — *Soit* $y = f(x)$ *une fonction de classe* α (1) *définie sur un sous-ensemble* A *d'un espace métrique* X *et dont les valeurs appartiennent à un espace complet séparable* Y. *La fonction* $f(x)$ *peut être prolongée sans altérer sa classe sur un ensemble* E *de classe* $\alpha + 1$ *multiplicative.*

Si, en outre, l'ensemble A *est de classe* α *multiplicative* > 0, *la fonction* $f(x)$ *se laisse prolonger sur l'espace* X *entier* (E = X) (2).

---

(1) Les ensembles fermés et ouverts sont dits de classe O *multiplicative* et *additive* respectivement. D'une façon générale, α étant un nombre transfini $< \Omega$, les produits (sommes) dénombrables d'ensembles de classes $< \alpha$ sont dits de classe α multiplicative (additive). Les ensembles qui sont simultanément de classe α multiplicative et additive sont dits *ambigus* de classe α. Une fonction $f(x)$ est dite (mesurable B) *de classe* α, lorsque, quel que soit l'ensemble fermé F, l'ensemble des x tels que $f(x)$ appartient à F est de classe α multiplicative.

Pour les termes *métriques*, *séparables* et *complets*, voir Fréchet, *Espaces abstraits*.

(2) Ce dernier (pour les fonctions à valeurs réelles) se trouve, par exemple, chez M. Hausdorff, *loc. cit.*

Corollaire. — *Dans les mêmes hypothèses, la fonction $f(x)$ se laisse prolonger sur l'espace entier de façon qu'elle devient une fonction de classe $\alpha+1$ (quel que soit* A) [1].

La démonstration du théorème [2] repose sur quelques propriétés des ensembles relativement ambigus. On prouve d'abord que A étant un ensemble de Cl. mult. $\alpha > 0$ et B un ensemble ambigu de Cl. α relativement à A, B peut être mis sous la forme $B = AC$, où C est ambigu de Cl. α (dans l'espace entier). On en déduit ensuite la généralisation suivante : étant donnés un ensemble arbitraire A et un système d'ensemhles $\{B_{i_1\ldots i_n}\}$ ambigus de classe α relativement à A et tels que, quel que soit n, on a :

$$A = \Sigma_{i_1\ldots i_n} B_{i_1\ldots i_n} \quad \text{et} \quad B_{i_1\ldots i_n} B_{j_1\ldots j_k} = 0$$

pour $k \leq n$ et $(i_1\ldots i_k) \neq (j_1\ldots j_k)$, il existe alors une suite infinie d'ensembles A_n de classe $\alpha+1$ multiplicative et un système d'ensembles $\{C_{i_1\ldots i_n}\}$ ambigus de classe α relativement A_n et tels que :

$$A_n = \Sigma_{i_1\ldots i_n} C_{i_1\ldots i_n}, \qquad C_{i_1\ldots i_n} C_{j_1\ldots j_k} = 0, \qquad AC_{i_1\ldots i_n} = B_{i_1\ldots i_n}.$$

De plus, si A est de classe α multiplicative, on peut poser $A_n =$ l'espace entier, quel que soit n.

Cela étant, considérons la fonction $f(x)$ de notre théorème. D'après une proposition générale (provenant de M. de la Vallée Poussin et démontrée dans le cas général par M. Banach, *loc. cit.*), la fonction $f(x)$ peut être approchée uniformément par une suite de fonctions $f_n(x)$ de classe α sur A et telles que l'ensemble des valeurs de chacune d'elles est isolé

Posons

$$f_n(A) = \{y_n^i\} \qquad (i = 1, 2, \ldots).$$

$$B_{i_1\ldots i_n} = [f_1^{-1}(y_1^{i_1})] \ldots [f_n^{-1}(y_n^{i_n})]$$

et prolongeons la fonction $f_n(x)$ sur l'ensemble A_n en convenant que $f_n(x) = y_n^{i_n}$ pour x appartenant à $C_{i_1\ldots i_n}$. On prouve sans difficulté que les fonctions $f_n(x)$, ainsi prolongées, sont de classe α sur A_n et convergent uniformément sur l'ensemble $E = A_1 A_2 \ldots$. La limite d'une suite uniformément convergente de fonctions de classe α, étant elle-même de classe α, le théorème se trouve démontré.

Le corollaire en est une conséquence immédiate.

---

(1) Pour le cas des valeurs réelles, voir W. Sierpinski, *Fund. Math.*, 16, 1931, p. 81.

(2) La démonstration détaillée paraîtra dans mon livre *Topologie I, Coll. Monografje Matematyczne*, 3 (sous presse).

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur une constante liée à chaque ensemble plan fermé et sur son application.* Note [1] de M. **F. Leja**, présentée par M. Émile Borel.

1. Soient E un ensemble fermé et borné des points du plan et O un point fixe appartenant à E ou non. Considérons $n+1$ points quelconques

(1) $$P_0,\quad P_1,\quad \ldots,\quad P_n$$

appartenant à E et désignons par t_{jk} l'aire du triangle OP_jP_k

(2) $$t_{jk} = \frac{1}{2}\, OP_j . OT_k . \sin \sphericalangle (OP_j,\, OP_k) \qquad (j,\, k = 0,\, 1,\, \ldots,\, n),$$

et par $T_j(P) = T_j(P_0, P_1, \ldots, P_n)$ le produit suivant

(3) $$T_j(P) = t_{j0}.t_{j1},\ \ldots,\ t_{jj-1}.t_{jj+1},\ \ldots,\ t_{jn} \qquad (j = 0,\, 1,\, \ldots,\, n).$$

Le plus petit des $n+1$ produits (3), qui sera désigné par

$$\min_{(j)} T_j(P),$$

varie avec les points (1); lorsque ces points parcourent arbitrairement l'ensemble E, le dernier minimum atteint son maximum qui sera désigné comme il suit

(4) $$T_n = T_n(E,\, O) = \max_{(P)} \left\{ \min_{(j)} T_j(P) \right\}.$$

Posons encore

(5) $$t_n = t_n(E,\, O) = \sqrt[n]{T_n(E,\, O)}, \qquad \text{pour } n = 1,\, 2,\, \ldots;$$

on peut démontrer ce que voici :

I. *Pour chaque ensemble plan fermé et borné* E *et pour chaque point* O *la suite* (5) *tend toujours vers une limite déterminée*

(6) $$t_n \to t(E,\, O),$$

qui dépend de E *et de* O.

2. Il suit immédiatement des formules (2)-(5) que la limite $t(E, O)$ est non négative et qu'on a

$$t(E,\, O) \leq t(E',\, O), \qquad \text{si } E \subset E'.$$

La limite $t(E, O)$ sera appelée *l'écart* de l'ensemble E par rapport au point O. Voici quelques propriétés de cette constante :

---

[1] Séance du 26 juin 1933.

Soit P un point quelconque de l'ensemble E différent du point O; je dirai que P est un point frontière de E par rapport au centre O si la demi-droite issue du point O et passant par P ne contient aucun point de E en dehors du segment fermé OP. L'ensemble de tous les points frontières de E par rapport à O sera dit *la frontière de* E *par rapport au centre* O. Or, on peut établir les propositions suivantes :

II. *Si* E_0 *est la frontière de* E *par rapport au centre* O *on a, quel que soit* E,

$$t(E_0, O) = t(E, O).$$

III. *Si l'ensemble frontière* E_0 *de* E *par rapport au centre* O *est fini ou dénombrable on a toujours* $t(E, O) = 0$ (¹).

IV. *Si la frontière* E_0 *de* E *par rapport au centre* O *contient une courbe continue (arbitrairement petite) on a toujours* $t(E, O) > 0$.

3. La notion de l'écart d'un ensemble par rapport à un point joue un rôle dans la théorie des séries des polynomes homogènes de deux variables. Soit

$$(7) \qquad \sum_{n=0}^{\infty} Q_n(x, y) = \sum_{n=0}^{\infty} (a_{n.0}x^n + a_{n-1,1}x^{n-1}y + \ldots + a_{0.n}y^n)$$

une telle série où les variables x et y sont supposées d'être réelles. On peut établir ce que voici :

V. *Pour que la série* (7) *possède un domaine de convergence uniforme il suffit que cette série soit uniformément bornée dans un ensemble plan* E *quelconque (fermé ou non), mais tel qu'on ait*

$$(8) \qquad t(E', O) > 0,$$

où le point O *est l'origine de coordonnées et l'ensemble* $E' = E +$ *les points limites de* E.

4. Observons que la notion de l'écart d'un ensemble plan peut facilement être étendue aux ensembles fermés situés dans l'espace de deux variables complexes x et y. Il suffit pour ce but de remplacer dans les formules (3), (4) et (5) l'expression (2) par la suivante :

$$t_{jk} = \frac{1}{2}|x_j y_k - x_k y_j| \qquad (j, k = 0, 1, \ldots, n),$$

où (x_i, y_i), $i = 0, 1, \ldots, n$ sont les coordonnées complexes du point P_i; on a supposé que le point fixe O se trouve à l'origine de coordonnées.

(¹) Cette proposition peut être déduite d'un théorème général dû à M. M. Fekete, *Math. Zeitschrift*, 32, 1930, p. 108-114.

CALCUL GRAPHOMÉCANIQUE. — *Sur un nouveau procédé de résolution des équations.* Note de M. **Paul Boisseau**, présentée par M. M. d'Ocagne.

Dans une Note précédente (¹), nous avons montré que l'emploi du système de coordonnées dit à abscisses enroulées apportait une grande simplification dans la construction des appareils d'intégration mécanique et nous indiquions que la méthode était susceptible de nombreuses applications.

En particulier, nous allons voir qu'elle se prête avantageusement à la détermination des racines d'une équation quelconque $f(x) = 0$.

On peut évidemment, comme en coordonnées cartésiennes, faire usage de la méthode, bien connue, d'intégrations successives si l'on a affaire à une équation entière en x ou à une équation non entière mais dont une dérivée d'ordre quelconque est représentée par une courbe facile à construire. Remarquons seulement que l'intégraphe employé est d'une construction et d'un maniement plus simples en coordonnées à abscisses enroulées.

Mais, dans ce dernier système de coordonnées, une autre méthode de résolution mécanique des équations, que l'on pourrait appeler méthode de la courbe dérivée, s'applique avec facilité.

Ayant tracé, en effet, la courbe dérivée $y = f'(x)$ relative à l'équation $f(x) = 0$, si nous la faisons parcourir par la roulette du planimètre, le déroulement Δ de celle-ci s'exprimera par la relation

$$\Delta = f(x) - f(0).$$

En conséquence, pour chaque racine de l'équation $f(x) = 0$, le compteur de la roulette indiquera la graduation $n_0 - f(0)$ si n_0 est la graduation au départ sur l'axe d'origine.

Comme on connaît la valeur de $n_0 - f(0)$, les positions du planimètre correspondant aux racines seront vite déterminées.

Cette méthode s'applique avec succès à toutes les équations $f(x) = 0$ dont le premier membre admet une dérivée représentable par une courbe simple à établir.

Dans le cas des équations entières en x, elle permettra d'abaisser d'une unité le degré de la courbe à tracer.

(¹) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1863.

Mais, si l'équation entière de degré n ne possède pas de termes en x de degré inférieur à p, nous allons voir qu'il est possible d'abaisser de p unités ce degré par un changement de variable approprié.

Posant en effet $x = \pm z^{\frac{1}{p}}$, nous pourrons écrire

$$y = f(x) = \sum_p^n a_k x^k + a_0 = \sum_p^n \pm a_k z^{\frac{k}{p}} + a_0,$$

$$\frac{dy}{dz} = \sum_p^n \pm \frac{\mathrm{K} a_k}{p} z^{\frac{k}{p}-1} = \sum_p^n \pm \frac{\mathrm{K} a_k}{p} x^{k-p}.$$

En prenant donc comme abscisses les valeurs de z et comme ordonnées celles de dy/dz, qui sera de degré $(n-p)$ en x, nous pourrons obtenir les racines de l'équation $f(x) = 0$ au moyen du planimètre.

Ce changement de variable s'appliquera souvent, d'une façon heureuse, aux équations que l'on rencontre dans la pratique, et, en particulier, à celles qui sont de la forme

$$\mathrm{A}x(1+x)^n + \mathrm{B}(1+x)^n + \mathrm{C} = 0$$

et qui se présentent dans les problèmes financiers relatifs aux annuités et aux amortissements.

AÉRODYNAMIQUE. — *Soufflerie aérodynamique pour essais de modèles aux grandes vitesses.* Note de M. **W. Margoulis**, présentée par M. M. d'Ocagne.

Le fonctionnement des souffleries aérodynamiques, établies jusqu'à présent en vue de la réalisation de grandes vitesses, demande une dépense de puissance motrice très élevée : de l'ordre de 10 CV par centimètre carré de section de la veine dans la chambre d'expériences. Ainsi une soufflerie de 8^{cm} de diamètre nécessite l'emploi d'un moteur de 500 CV.

La valeur élevée de la puissance tient d'abord à l'emploi de l'air comprimé (5-8 kg/cm^2) utilisé généralement par ces souffleries et ensuite à la non-récupération de l'énergie cinétique de l'air après son passage dans la chambre d'expériences.

Dans ma Note : *Nouvelle méthode d'essai de modèles en souffleries aérodynamiques* (*Comptes rendus*, 171, 1920, p. 997), j'ai proposé l'emploi des faibles pressions en vue de l'obtention de grandes vitesses spécifiques

(rapports des vitesses dans la chambre d'expériences à la vitesse du son dans cette même chambre) ([1]).

L'application de ce principe combinée avec la récupération de l'énergie cinétique de l'air m'a permis de réaliser à la demande d'une administration de l'État, une soufflerie à fonctionnement continu de 8^{cm} de diamètre avec un moteur de 50 CV seulement.

L'air pris à la pression atmosphérique se détend dans une première tuyère précédant la chambre d'expériences; il est recomprimé ensuite dans une deuxième tuyère, puis dans un exhausteur qui le rejete dans l'atmosphère. Le problème de la recompression maximum d'un gaz, animé d'une vitesse supérieure à celle du son, aux dépens de son énergie cinétique n'a pas été, à ma connaissance, étudiée expérimentalement jusqu'à présent ([2]).

De plus, j'ai pu constater que, ni la théorie de la compression polytropique de Proell, basée sur l'hypothèse d'un coefficient de frottement constant (ou même variable), ni celle de Prandtl, supposant une compression par onde de choc droite, ne correspondaient à la réalité des faits.

Après de nombreuses expériences, je suis arrivé à des formes de tuyères qui m'ont permis de réaliser des rendements (l'unité moins la puissance nécessaire pour comprimer adiabatiquement l'air entrant dans l'exhausteur jusqu'à la pression atmosphérique divisée par l'énergie cinétique de l'air dans la chambre d'expérience), allant de 0,90 pour des vitesses inférieures à celle du son à 0,70 pour des vitesses doubles de celle du son.

La vitesse spécifique maximum que j'ai pu atteindre avec l'exhausteur employé est de 2,7; elle correspond à une vitesse de 925 m/sec, soit 3320 km/h dans l'air libre.

Le laboratoire aérodynamique que j'ai établi comprend en plus un dispositif de mesure des pressions en différents points du modèle essayé, une balance pour mesurer directement les efforts totaux supportés par le modèle, et en collaboration avec M. Liebessar (Institut d'Optique), une installation optique permettant la vision et la photographie des ondes de

---

([1]) Dans cette même Note, j'avais proposé l'utilisation de hautes pressions permettant la réalisation de nombres de Reynolds égaux à ceux des avions en vol. Des souffleries basées sur ce principe ont été construites depuis aux États-Unis et en Angleterre.

([2]) On a certainement effectué de nombreuses expériences sur les injecteurs, mais dans ces appareils le phénomène est considérablement compliqué par la présence du fluide induit. Les résultats obtenus, quoique pratiquement très intéressants, correspondent à des rendements déplorables qui ne pourraient pas être admis dans une soufflerie.

compression et de détente dus aux modèles, soit par la méthode des ombres de Dvorak-Boys, soit par la méthode de l'écran de Foucault-Topler.

Une des principales difficultés de l'expérimentation aux grandes vitesses (difficulté jusqu'à présent passée sous silence par les expérimentateurs) consiste dans la réalisation de valeurs sensiblement constantes de la vitesse et de la pression dans la chambre d'expériences.

L'expérience m'a montré que cette condition ne pouvait être remplie (en plus des formes spéciales des tuyères) que si les dimensions de la veine d'air étaient très supérieures à celles du modèle; le rapport des dimensions doit être beaucoup plus élevé que dans les souffleries à faible vitesse. On voit ainsi combien la question de la réduction de la puissance motrice est importante; la réduction que j'ai déjà réalisée pourrait d'ailleurs être poussée beaucoup plus loin en complétant, conformément à ma Note de 1920, la soufflerie actuelle par un circuit de retour et en procédant, préalablement aux expériences, à la raréfaction de l'air. J'ajouterai, en terminant, que l'emploi de faibles pressions réduit considérablement les efforts subis par le modèle et permet ainsi de le fixer par des supports introduisant un minimum de perturbations, condition extrêmement importante pour les souffleries à grande vitesse.

ASTROPHYSIQUE. — *Sur l'absorption spontanée des rayonnements et la déviation des raies spectrales des nébuleuses.* Note [1] de M. ÉMILE SEVIN, présentée par M. Ernest Esclangon.

Nous avons exposé récemment que les rayonnements électromagnétiques étaient constitués par de véritables courants électriques transversaux, caractérisés par deux vecteurs associés, qui représentent respectivement une densité de quantité de mouvement et une densité de quantité d'électricité, le flux des vecteurs en cause ne se conservant qu'à la condition que la densité μ de l'éther ne dépende pas directement du temps [2]. Depuis nous avons montré que l'univers était en état de contraction, que l'éther se condensait et que μ augmentait progressivement [3]; nous nous trouvons ainsi conduit à poser $\partial\mu/\partial t = \alpha$ et à rechercher les conséquences de cette légère correction.

---

(1) Séance du 26 juin 1933.

(2) *Comptes rendus.* 196, 1933, p. 1379.

(3) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1783.

Le phénomène ne reste pas rigoureusement transversal. Désignons, en effet, par Δq, $\Delta q'$ et $\Delta q''$ les composantes des densités de quantité de mouvement d'une onde plane suivant trois axes (O, x, y, z), la propagation étant orientée de O vers x. L'équation de continuité s'écrit :

$$\frac{\partial \Delta q}{\partial x} + \frac{\partial \Delta q'}{\partial y} + \frac{\partial \Delta q''}{\partial z} = -\frac{\partial u}{\partial t} = -\alpha;$$

et, $\Delta q'$ et $\Delta q''$ étant respectivement indépendants de y et de z, cette équation se réduit à

$$\frac{\partial \Delta q}{\partial x} = -\alpha.$$

Elle nous apprend qu'un courant électrique, présentant les caractères d'un courant de conduction, prend naissance dans la direction de la propagation; c'est un courant résistant, et l'énergie dépensée pour l'entretenir doit être absorbée par l'éther.

Soient $\Delta\varepsilon$ la densité de l'énergie de l'onde et α/r le coefficient d'absorption ; exprimons la loi habituelle du phénomène :

(1) $$d\,\Delta\varepsilon = -\frac{\alpha}{r}\Delta\varepsilon\,dt.$$

En l'espèce, elle définit un effet Joule, r a les dimensions d'une densité de masse et caractérise l'inertie opposée par l'éther lorsque ses particules sont mises en état d'agitation thermique. Dès lors, $dx = c\,dt$ étant le parcours de l'onde pendant le temps dt, l'énergie dépensée vaut $\Delta q\,\alpha\,dx/r$, et la grandeur Δq, qui correspond à l'état stable, résulte de l'équation

$$\frac{\Delta q\,\alpha\,dx}{r} = \frac{\Delta q\,\alpha\,c\,dt}{r} = \frac{\alpha}{r}\Delta\varepsilon\,dt.$$

On trouve immédiatement : $\Delta q = \Delta\varepsilon/c$, et il apparaît ainsi qu'il intervient, dans l'onde classique, une quantité de mouvement dont la grandeur est identique à celle qui correspond à l'hypothèse des photons. Il n'échappera pas que ce résultat est fort important pour interpréter, de façon rationnelle, les phénomènes où les ondes et les particules matérielles sont en présence.

Mais, le processus de l'absorption ne mettant en jeu aucune action parallèle au plan de l'onde, l'amplitude des vibrations $\Delta q'$ et $\Delta q''$ n'est pas modifiée et la perte d'énergie ne touche que la fréquence ν de ces vibra-

tions. Dans ces conditions, de l'équation (1) on tire :

$$d\nu^2 = -\frac{\alpha}{r}\nu^2\,dt \quad \text{ou} \quad d\nu = -\frac{1}{2}\frac{\alpha}{r}\nu\,dt.$$

C'est la loi du déplacement des raies spectrales des nébuleuses : la diminution relative de la fréquence est proportionnelle à la durée du parcours ou, si l'on préfère, à la distance; l'effet est équivalent à celui d'une vitesse d'éloignement qui serait elle-même proportionnelle à la distance.

Il y a donc simultanément absorption et diminution de la fréquence des rayonnements ; l'absorption relative est double de la diminution relative de la fréquence, et l'on peut calculer le coefficient d'absorption α/r à partir de la formule de M. Hubble :

$$\frac{\alpha}{r} = -\frac{2}{dt}\frac{d\nu}{\nu} = \frac{2}{365 \times 86400 \times 3{,}23 \times 1790 \times 3 \times 10^5} = 3{,}66 \times 10^{-17}\,\text{sec}^{-1}.$$

C'est une constante universelle.

Résumons les résultats auxquels nous sommes parvenu. Si, à côté de l'éther, on envisage une masse bien définie de matière, l'univers doit se trouver en équilibre. C'est l'anéantissement de la matière qui provoque l'évolution et en fixe l'allure; cette évolution est caractérisée par une contraction très lente, et il n'y a aucune raison pour abandonner le diagramme de Russell concernant les phases successives de l'activité des étoiles. L'anéantissement de la matière est d'ailleurs le phénomène brutal qui alimente celles-ci en énergie et leur permet de rayonner ; ce phénomène n'est pas uniforme, si l'on envisage un astre déterminé, et cette particularité nous a conduit à une interprétation simple de l'évolution des systèmes binaires [1].

Parallèlement à l'anéantissement brutal, il y a diminution lente et progressive de l'énergie disponible. Une portion de l'énergie ainsi libérée se retrouve dans le rayonnement cosmique, qui prend naissance par un processus régulier, et le surplus doit être absorbé par l'éther; l'entropie croît. Les rayonnements électromagnétiques n'ont qu'une existence éphémère; ils sont également absorbés par l'éther (de 1/10e environ en 100 millions d'années) et, en même temps, la fréquence des vibrations diminue.

L'univers tend inéluctablement vers un état final; si l'anéantissement de la matière doit être complet, le rayon s'annulera, il ne subsistera qu'une masse d'éther dont les particules seront en état d'agitation thermique et l'entropie aura atteint une grandeur ne pouvant être dépassée.

---

[1] *Bull. astron.*, 7, II, 1932, p. 61.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur la théorie du mouvement brownien et la méthode opératorielle.* Note de M. **Jacques Métadier**, présentée par M. Jean Perrin.

Dans des Notes précédentes, nous avons indiqué une méthode nouvelle, la méthode opératorielle, pour étudier le mouvement brownien. Dans la présente Note, nous allons relier cette méthode à la méthode classique utilisée, depuis Einstein, par Smoluchowski, Francis Perrin et Höstinsky.

Désignons par $\Phi(A, B, t_A, t_B)\, d\tau_B$ la probabilité à l'instant t_A du passage d'une particule d'une position A à une position située à l'intérieur d'un volume $d\tau_B$ entourant le point B à l'instant t_B. La fonction Φ mesure la densité de probabilité de ce passage.

Les fonctions Φ satisfont à l'équation de Chapman-Kolmogoroff

$$(1)\qquad \Phi(A, B, t_A, t_B) = \iiint_V \Phi(A, M, t_A, t_M)\, \Phi(M, B, t_M, t_B)\, d\tau_M,$$

et aux conditions

$$\Phi \geqq 0, \qquad \lim_{t_B = t_A} \Phi(A, B, t_A, t_B) = 0, \qquad \iiint_V \Phi(A, M, t_A, t_M)\, d\tau_M = 1.$$

Soit, d'autre part, une fonction « de répartition » $p(M, t)$, analogue à celle utilisée dans la théorie de la diffusion, telle que la probabilité pour qu'une particule soit dans un volume $d\tau_M$ entourant le point M à l'instant t. Soit

$$p(M, t)\, d\tau_M.$$

Si V est le volume dans lequel peuvent se déplacer les particules, on a, à l'instant t,

$$(2)\qquad \int_V p(M, t)\, d\tau = 1.$$

Les fonctions p doivent, en outre, répondre aux conditions suivantes :

$$(3)\qquad p(M, t) \geqq 0,$$

$$(4)\qquad \frac{\partial p}{\partial t} = \mathcal{H} p,$$

équation de diffusion généralisée [1], avec

$$(5)\qquad \mathcal{H} = D\Delta - \operatorname{div}\left(\frac{\geq}{\rho}\right).$$

---

[1] *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 1173, et 195, 1932, p. 649.

On trouve que $p(B, t_B)$ et $p(A, t_A)$ sont reliées par la relation suivante, où figure Φ comme noyau :

$$p(B, t_B) = \int \Phi(A, B, t_A, t_B)\, p(A, t_A)\, d\tau_A. \tag{6}$$

Par ailleurs, la méthode opératorielle nous indique qu'il existe un opérateur $\mathcal{U}(t)$ tel que

$$p(M, t) = \mathcal{U}(t)\, p(M, o). \tag{7}$$

J.-L. Destouches ([1]), qui a donné l'expression de cet opérateur sous forme d'une série de puissances de t, a montré qu'il dépend uniquement de l'opérateur $\mathcal{H}$.

De plus, $\mathcal{U}$ définit une transformation fonctionnelle, puisque à chaque fonction $p(M, o)$ opérable par $\mathcal{U}$ correspond une fonction $p(M, t)$.

Cette transformation est équivalente à celle définie par (6). En remplaçant t par $t' + t''$ dans (7) et en prenant l'origine des temps d'abord à o puis à t', on trouve

$$\mathcal{U}_0(t' + t'') = \mathcal{U}_{t'}(t'')\, \mathcal{U}_0(t'). \tag{8}$$

L'indice o ou t' indique l'instant auquel $\mathcal{U}$ se réduit à la transformation identique.

Ceci montre comment se composent deux transformations $\mathcal{U}$ et cette relation (8) correspond à l'équation de Chapman-Kolmogoroff.

Si $\mathcal{H}$ est indépendant du temps, $\mathcal{U}_{t'}(t'') = \mathcal{U}_0(t'')$ mais, dans le cas général, ces deux opérateurs sont différents.

D'après la condition $\int_V p(M, t)\, d\tau_M = 1$, on voit que $\mathcal{U}$ est une transformation qui laisse invariante cette intégrale et, en vertu de (7), on a :

$$\int \mathcal{H} p(M, t)\, d\tau_M = 0.$$

On peut donc rapprocher, d'une part, les équations (6) et (7) et d'autre part, l'équation de Chapman-Kolmogoroff (1) et l'équation (8). Ces deux équations définissent le produit de deux transformations équivalentes. Ce sont des transformations fonctionnelles linéaires. Elles forment un groupe et l'intégrale $\int p(M, t)\, d\tau_M$ est un invariant.

([1]) J.-L. Destouches, *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 518.

Conclusion. — On voit que les deux méthodes d'étude sont équivalentes. Selon les cas, on aura intérêt à prendre l'une ou l'autre. La transformation $\mathfrak{U}$, qui peut être exprimée au moyen d'une série d'opérateurs différentiels, équivaut, en somme, à la transformation intégrale définie par l'équation (6).

Ainsi, la façon dont $p(M, t)$ est relié à $p(M, t_0)$ peut être exprimée par (6) sous forme d'une transformation intégrale, ou par (7) au moyen de l'opérateur $\mathfrak{U}$. Si l'on connaît l'équation de diffusion (4) à laquelle doit satisfaire p, cette dernière méthode apparaît préférable puisque l'on connait la forme de $\mathfrak{U}$, alors que la fonction Φ doit être calculée. La méthode opératorielle semble donc avantageuse dans l'étude de tous les problèmes qui se présentent sous la forme d'une équation du type (4), c'est-à-dire d'une équation de diffusion.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur une application du principe de Doppler Fizeau aux machines électriques.* Note de M. **H. Parodi**, présentée par M. Paul Janet.

La théorie des induits à bobinage continu (induit Gramme ou induit tambour) montre que dans un système d'axes lié au champ inducteur, il existe une courbe $e = f(\theta, \alpha)$ définissant la tension entre deux points de l'induit situés dans les plans passant par l'axe de l'induit faisant avec le plan définissant la direction du champ des angles θ et $\theta + \alpha$. L'angle constant α est égal à $2\pi/2$ dans une machine monophasée; $2\pi/3$ dans une machine triphasée, etc.

Si l'on considère un induit ayant m lames au collecteur comme une machine à m phases, on sait, en faisant ici abstraction des phénomènes de commutation, que les courbes de tension afférentes à chaque section rapportées à des axes liés à l'induit sont décalées dans le temps d'une durée $\tau_1 = 1/mf_1$, en appelant f_1 la fréquence du courant produit dans l'induit par la rotation de celui-ci par rapport au champ. Si l'on suppose que l'induit tourne à une vitesse correspondant à une fréquence f_2 comptée en supposant le champ fixe, on voit que la durée pendant laquelle les balais fixes restent en contact avec une lame est $\tau_2 = 1/mf_2$ et que le phénomène de captation peut être décrit comme il est indiqué dans le tableau ci-après :

Rang de la lame (ou de la phase) en contact avec une ligne de balais.	Tension recueillie.	Intervalle de temps pendant lequel cette tension est recueillie.	Époques auxquelles la tension s'annule dans la phase (ou lame) considérée.
1............	$f(t)$	t à $t+\tau_2$	$t=0+Km\tau_1$
2............	$f(t-\tau_1)$	$t+\tau_2$ à $t+2\tau_2$	$t=\tau_1+Km\tau_1$
3............	$f(t-2\tau_1)$	$t+2\tau_2$ à $t+3\tau_2$	$t=2\tau_1+Km\tau_1$
$\lambda+1$........	$f(t-\lambda\tau_1)$	$t+\lambda\tau_2$ à $t+(\lambda+1)\tau_2$	$t=\lambda\tau_1+Km\tau_1$

La courbe d'onde de la tension recueillie sera formée par la superposition des éléments de courbes de tension de durée τ_2 découpés sur des courbes d'ondes identiques décalées de τ_1 les unes par rapport aux autres. La période de cette courbe d'onde sera obtenue en cherchant l'intervalle minimum de temps compris entre deux zéros successifs de l'onde correspondant à un même sens de croissance.

Supposons que les zéros correspondants aient comme valeurs

$$\lambda_1\tau_1+km\tau_1 \quad \text{et} \quad \lambda_2\tau_1+km\tau_1.$$

La période sera donc la plus petite différence entre ces deux quantités ou

$$(\lambda_2-\lambda_1)\tau_1+(k'-k)m\tau_1.$$

D'autre part cette période est également la plus petite valeur entière de

$$(\lambda_2-\lambda_1)\tau_2.$$

On aura donc

$$(\lambda_2-\lambda_1)\tau_2=(\lambda_2-\lambda_1)\tau_1+(k'-k)m\tau_1,$$

et la plus petite valeur correspondra à $k'-k=1$.

On aura donc

$$(\lambda_2-\lambda_1)\tau_2=(\lambda_2-\lambda_1)\tau_1+m\tau_1,$$

le second membre représentant la période $\tau=1/f$ de l'onde obtenue.

On aura alors successivement

$$(\lambda_2-\lambda_1)(\tau_2-\tau_1)=m\tau_1$$

et

$$(\lambda_2-\lambda_1)\tau_2=\tau=\frac{m\tau_1\tau_2}{\tau_2-\tau_1}=\frac{1}{\frac{1}{m\tau_1}-\frac{1}{m\tau_2}}=\frac{1}{\frac{1}{\tau}},$$

d'où $f=f_1-f_2$. Les fréquences se composent linéairement comme dans le principe de Doppler-Fizeau.

Cette analogie se transforme en identité si, au lieu de considérer une

machine à collecteur (captation discontinue), on considère une machine à balais navettes (¹) (captation continue). Dans ce cas, chaque ligne de balais est remplacée par un système de balais frottant en même temps, d'une part sur le conducteur de l'induit Gramme, d'autre part, sur une bague fixe, fendue, rèliée électriquement à un conducteur extérieur fixe (au besoin par l'intermédiaire d'un jeu de bagues auxiliaires). Si les balais navettes se déplacent suivant la loi $\theta = \varphi(t)$ la tension entre balais navettes sera

$$e = f[\theta, \alpha] = f[\varphi(t), \alpha] \quad \text{ou} \quad = F(t, \alpha).$$

Cette fonction sera une fonction périodique du temps de période T si à tout accroissement de temps T correspond une rotation des balais navettes autour de l'axe de l'induit de 2π. Suivant le mode de déplacement des balais navettes on pourra obtenir du courant continu $\theta =$ const. ou du courant mono ou polyphasé de fréquence f si les balais tournent par rapport au champ à une vitesse correspondant à cette fréquence. Dans un système d'axes liés aux balais navettes, et par suite aux conducteurs extérieurs, tout se passe comme si l'onde de tension se déplaçait par rapport à un observateur (récepteur ou balais) à une vitesse constante $\omega = 2\pi f$.

La loi de composition des fréquences découle donc directement du principe de Doppler-Fizeau.

La forme de la courbe d'onde dépend de la loi de variation de la vitesse des bagues des balais navettes pendant la période.

SPECTROSCOPIE. — *Spectre d'arc à pression normale dans l'air du néodyme entre les longueurs d'onde* 2400 *et* 3100 Å. Note de M. S. **Piña de Rubies**, présentée par M. G. Urbain.

Nous avons décrit (²) des raies non mentionnées encore dans le spectre d'arc à pression normale de La, Eu, Gd et Sm. Nous signalerons aujourd'hui 184 lignes nouvelles, fournies par le spectre du néodyme. Nous nous sommes servis comme sel de l'oxyde de néodyme obtenu (de même que les autres terres rares mentionnées) par M. G. Urbain, dans un état de grande pureté. Le spectre d'arc du néodyme décrit par Exner ainsi que celui de

---

(¹) *Comptes rendus*, 158, 1914, p. 697.
(²) *Comptes rendus*, 188, 1929, p. 780 et 1101.

Spectre d'arc du néodyme à pression normale dans l'air.

Longueur d'onde.	Intensité.	Longueur d'onde.	Intensité.	Longueur d'onde.	Intensité.	Longueur d'onde.	Intensité.	Longueur d'onde.	Intensité.	Longueur d'onde.	Intensité.
3101,1	1	2929,5	1	2819,6	2 dif.	2733,92	1	2671,15	2	2565,13	2
00,0	1	21,2	2	14,6	2	33,3	2	70,48	2	59,6	1 aa
3096,8	0	20,3	1	11,4	1	32,2	1 aa	62,4	3	57,2	1
88,1	1?	16,7	1	08,6	2	31,60	1	55,9	1	56,8	1
84,0	1	15,7	1	08,3	1	29,7	1 aa	55,4	2	54,4	1
74,0	1	14,2	2	2798,8	2 a	28,7	1 aa	48,91	3	53,84	1 a
73,1	1	07,4	1 a	97,2	2 ?	17,8	1 a	48,7	1	47,8	1
69,1	1	01,7	1 a	92,5	1 a	17,1	1 a	46,67	1	04,12	1
68,2	1	00,2	1 d?	89,2	1 ?	15,8	1	44,69	1	2476,1	1 ?
48,7	1	2898,0	1	85,8	2	14,2	1	40,1	1	71,8	1
48,4	1	92,7	2	82,7	2	14,0	1	38,59	1 a	59,8	1
44,9	1	90,8	2	80,7	2	10,59	1	37,2	2	55,2	1
43,2	1	80,1	1	72,8	1	10,03	2	34,91	1	54,27	1
34,5	0	79,3	2	72,3	2	08,92	1	34,6	2	49,5	1
15,9	0	72,7	1	70,1	1	04,5	3	33	2 a	46,5	1 a
2999,2	1	72,3	1 Fe	69,9	1	02,4	3	23,93	1	45,9	1
94,7	1	65,6	2	69,5	2	2696,97	1	23,7	1	44,06	1
93,19	2	63,9	2	65,97	2	93,6	1 a	22,68	3	43,0	1
86,98	1	56,7	1	65,3	1	92,6	1	21,9	1	41,6	1
85,3	1	56,4	1	65,0	3	92,26	1	20,3	1	34,5	1
80,6	1 a	55,2	2	61,5	1	89,79	1	16,51	1 a	31,5	1
76,35	1	49,3	1	59,0	2	88,0	1	12,66	0	30,3	1
67,8	1 dif.	46,6	2	53,4	1	87,74	1	02,83	1 a	29,5	1
61,23	1	42,9	1	51,5	2	85,17	1	00,9	1	23,5	1 a
58,6	1	42,2	1	48,7	1	83,7	2	2597,1	1	19,4	1 a
54,2	1	41,1	1	48,5	1	82,7	1	92,16	1	17,5	1 a
52,3	1	37,5	2 a	47,79	2	81,39	1	78,8	1	14,5	1 a
51	1	37,1	2	44,6	1	80,26	1	78,09	1	09,24	2
51,0	1	35,6	2	43,3	1 a	79,90	1	72,1	1	01,9	1
50,2	2 a	32,2	2	36,5	1	74,81	1	70,3	1		
37,8	1 dif.	31,29	1	35,2	1 a	71,80	1	67,3	1		

a, bords pas nets; aa, presque diffuse; dif., diffuse.

Bertram [1] se terminent dans l'ultraviolet vers $\lambda = 2900$ Å et au delà on ne disposait pas de spectre pour les besoins analytiques. Dans le tableau ci-contre nous énumérons seulement les raies mesurées qui sont les plus fortes en négligeant pour le moment un nombre assez élevé de lignes très faibles.

Quoique nos mesures ne dépassent pas $\lambda = 3100$ Å nous avons examiné nos plaques jusqu'à $\lambda = 3200$ Å et nous retrouvons, sauf deux, toutes les raies du Nd signalées par S. Takvorian [2] dans la zone comprise entre $\lambda = 3154$ et 3199 Å.

SPECTROSCOPIE. — *Sur le spectre d'absorption du bioxyde de soufre dans l'ultraviolet.* Note [3] de M. **Aurel Jonescu**, présentée par M. Jean Perrin.

Le spectre du bioxyde de soufre a eté étudié par différents auteurs, notamment par V. Henri et Teves [4]. Dernièrement, Watson et Parker [5] ont donné une classification des bandes suivant une formule à trois fréquences, en admettant un réarrangement de la molécule à partir d'un certain état de vibration. Cette représentation suppose les différents modes de vibration complètement indépendants, et des transitions $O \rightarrow O$ différentes pour chaque mode de vibration. Les fréquences seraient respectivement : pour l'état normal,

$$\nu_1 = 1369, \qquad \nu_2 = 1164, \qquad \nu_3 = 610\ \mathrm{cm}^{-1};$$

pour l'état excité,

$$\nu'_1 = 341, \qquad \nu'_2 = 387, \qquad \nu'_3 = 290 \qquad \text{et} \qquad \nu''_1 = 566, \qquad \nu''_2 = 524, \qquad \nu''_3 = 390\ \mathrm{cm}^{-1}$$

V. Henri [6] indique comme fréquences probables les nombres suivants :

$$\nu_1 = 1360, \qquad \nu_2 = 1156, \qquad \nu_3 = 518; \qquad \nu' = 960, \qquad \nu'_2 = 379,5\ \mathrm{cm}^{-1}.$$

---

(1) *Zeit. f. wiss. Phot.*, 4, 1906, p. 16.
(2) *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 1372.
(3) Séance du 19 juin 1933.
(4) Teves, *Dissertation*, Zurich, 1926.
(5) *Phys. Rev.*, **37**, 1931, p. 1484.
(6) *Leipziger Vorträge*, 1931, p. 131.

J'ai repris cette étude et les résultats auxquels j'arrive sont donnés dans la suite.

Les photographies des spectres ont été faites avec un spectrographe Hilger E_1, ainsi que dans le premier ordre d'un réseau de Rawland de $6^m,30$ de foyer.

On peut délimiter, dans le spectre du bioxyde de soufre, deux régions d'absorption qui dépendent des états d'activation différents de la molécule. Les mesures ont porté sur les bandes de la première région qui s'étendent jusqu'aux environs de 2500 Å, du côté des petites longueurs d'onde.

Les positions de ces bandes peuvent être calculées par une formule du type suivant :

$$\begin{aligned}\nu = 31355,5 &+ \left\{1084\left(V'_1+\frac{1}{2}\right) - 25\left(V'_1+\frac{1}{2}\right)^2\right\} - \left\{1162\left(V_1+\frac{1}{2}\right) - 9\left(V_1+\frac{1}{2}\right)^2\right\} \\ &+ \left\{485\left(V'_2+\frac{1}{2}\right) - 1,8\left(V'_2+\frac{1}{2}\right)^2\right\} - 530\left(V_2+\frac{1}{2}\right) \\ &+ \left\{1173\left(V'_3+\frac{1}{2}\right) - 18\left(V'_3+\frac{1}{2}\right)^2\right\} - \left\{1380\left(V_3+\frac{1}{2}\right) - 9,6\left(V_3+\frac{1}{2}\right)^2\right\}.\end{aligned}$$

Environ 250 bandes sont représentées comme transitions principales ou de combinaison simple pour l'ensemble de près de 500 bandes observables (la transition $000 \rightarrow 000$ n'a pas été observée).

L'étude du spectre infrarouge (1) donne pour les fréquences de vibration à l'état normal, par centimètre, les nombres d'ondes 1361, 1151 et 606 et l'effet Raman (2) 1340, 1146, 525. Suivant la formule précédente on a, pour l'état normal, $\nu_1 = 1162$, $\nu_2 = 530$, $\nu_3 = 1380\ \text{cm}^{-1}$, et pour l'état activé, $\nu'_1 = 1084$, $\nu'_2 = 485$, $\nu'_3 = 1173\ \text{cm}^{-1}$.

Les vibrations propres de la molécule YX_2, ayant la forme d'un triangle isoscèle ont été classées par Mecke (3) en vibrations de valence et de déformation. Pour les fréquences de valence, on a, en première approximation :

$$(2\pi\nu_a)^2 = \frac{2K}{r^2}\,\frac{M+2m\sin^2\theta}{Mm}, \qquad (2\pi\nu_s)^2 = \frac{2K}{r^2}\,\frac{M+2m\cos^2\theta}{Mm},$$

où K est la constante de force et r la distance entre les atomes Y (masse M) et X (masse m). On peut éliminer K entre ces relations et l'on obtient six valeurs pour θ, correspondant à la permutation des trois fréquences obser-

(1) BAILEY, CASSIE et AUGUS, *Proc. Roy. Soc.*, **137**, 1932, p. 622.
(2) DICKINSON et WEST, *Phys. Rev.*, 35, 1930, p. 1126.
(3) *Leipziger Vorträge*, 1931, p. 23; *Z. Phys. Chem.*, **16**, 1932, p. 409, 421.

vées, dans le rapport ν_a/ν_s; pour le bioxyde de soufre les seules valeurs possibles sont :

État normal.				État activé.			
ν_1.	ν_2.	ν_3.	θ.	ν'_1.	ν'_2.	ν'_3.	θ'.
1380	530	1162	29°50′	1173	485	1084	38°
1162	530	1380	60°10′	1084	485	1173	50°40′

D'après les diagrammes de rotation (¹) on déduit $\theta = 59°50'$ et $\theta' = 48°15'$, en accord avec la deuxième série de valeurs ci-dessus. La fréquence 1380(1173) doit donc correspondre à la vibration antisymétrique, et 1162(1084) à la vibration de valence symétrique.

Le spectre du bioxyde de soufre présente entre 2800-2700 Å une région de passage, où les raies de rotation disparaissent et les bandes deviennent floues. Une première limite de prédissociation peut être située dans cet intervalle, aux environs de 2800 Å. V. Henri (*loc. cit.*) indique une deuxième limite vers 1950 Å à laquelle correspond une énergie de 147^{kcal}. En supposant que la dissociation fournisse dans ce cas 1 molécule SO et 1 atome O, à l'état active ($^1D_2$), on déduit pour la dissociation normale une limite $\lambda = 2826$ Å.

La formule qui précède conduit par extrapolation aux valeurs suivantes :

$$D_{V_1} = 100\,560^{\text{cal}}\ (\lambda = 2834\,\text{Å}), \qquad D_{V'_1} = 122\,360^{\text{cal}}\ (\lambda = 2330\,\text{Å});$$
$$D_{V_3} = 141\,340^{\text{cal}}\ (\lambda = 2016\,\text{Å}), \qquad D_{V'_3} = 143\,340^{\text{cal}}\ (\lambda = 1988\,\text{Å}).$$

La première coïncide bien avec la limite 2830 qu'on voit sur les spectres; la troisième et la quatrième sont probablement les mêmes, et doivent correspondre à la réaction $SO^2 \rightarrow SO + O(^1D_2)$. D'autre part, la chaleur de formation de SO^2 à partir de S^2_{gaz} et O^2 est $69^{\text{kcal}},3$, et la chaleur de dissociation de S^2, d'après le spectre, est $102^{\text{kcal}},4$; on peut donc écrire

$$SO^2 \rightarrow 1/2\,S^2 + O^2 - 120\,500^{\text{cal}},$$

ce qui est bien de l'ordre de $D_{V'_1}$.

En ce qui concerne la dissociation par la vibration V'_2, elle devrait conduire à 1 atome de soufre et 2 atomes d'oxygène; mais, étant donnée la grandeur du facteur d'anharmonicité correspondant, on ne peut pas être certain de la limite extrapolée.

(¹) *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1476.

SPECTROSCOPIE. — *Sur la largeur spectrale des raies d'absorption de* I_2. Note de M. **I. I. Agarbiceanu**, présentée par M. A. Cotton.

Nous avons signalé ailleurs (¹) l'élargissement des raies d'absorption de I_2 en présence des gaz étrangers. Nous considérons ici les trois cas suivants : 1° ballon vidé $0^{mm},1$ Hg; 2° ballon contenant de l'azote sous une pression d'environ 10^{mm} Hg; 3° ballon contenant de l'oxygène sous la même pression. Les trois ballons ont un volume d'environ $4^{cm^3},5$; chacun contient un cristal d'iode d'environ $0^{mg},8$. Les observations concernent les raies 3 et 4 de Wood qui interviennent principalement dans l'excitation de la fluorescence de I_2 par la raie 5461 de Hg. L'appareil utilisé a été le spectrographe à échelons décrit ailleurs (¹). Nous considérerons dans ce qui suit les données pour deux températures : 44° et 124°. A cette dernière température le cristal était complètement vaporisé. Un calcul montre que dans ce cas le nombre de molécules de I_2 par centimètre cube était environ 5×10^7. Nous désignerons par δ la largeur d'une raie en cm^{-1} (ondes par centimètre).

Gaz.	δ_3 à 44°.	δ_4 à 44°.	δ_3 à 124°.	δ_4 à 124°.
I_2 seul	0,024	0,003	0,077	0,063
$I_2 + N_2$	0,038	0,021	0,09	0,077
$I_2 + O_2$	très floue	très floue	0,097	0,08

Si l'on calcule les rapports : $\delta_{I_2} - \delta_{I_2+N_2}/\delta_{I_2} + \delta_{I_2+N_2} \times 100$ et aussi pour $I_2 + O_2$ (à $t^0 = 124$) on trouve que l'élargissement des raies par suite de l'introduction de N_2 est de 7,7 pour 100 pour la raie 3 et 10 pour 100 pour la raie 4; dans le cas de O_2 ces rapports sont respectivement 11,5 pour 100 et 12 pour 100. L'oxygène semble donc plus actif que l'azote. L'élargissement est plus accentué pour la raie 4 que pour la raie 3 dans les deux cas. Cette action inégale sur ces deux raies indique une modification différente des niveaux initiaux des deux séries de fluorescence qui correspondent aux raies 3 et 4. Le changement des rapports des intensités dans le spectre de fluorescence que nous avons signalé ailleurs (²) pourrait être la conséquence de l'action inégale des traces des impuretés sur les molécules des niveaux initiaux des séries respectives.

Les causes de l'élargissement des raies. — Nous admettons que l'élargissement des raies est dû surtout à l'action des molécules les unes sur les autres

(¹) *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 166.
(²) *Comptes rendus*, **195**, 1932, p. 123.

pendant le choc. En effet dans notre cas, l'élargissement Doppler est 0,002 cm^{-1} et la largeur naturelle de la raie négligeable (0,0002 cm^{-1}). La relation [1]

$$\rho^2 = \frac{\delta'}{2N\sqrt{2\pi kT}}\sqrt{\frac{m_1 m_2}{m_1+m_2}},$$

où $\delta' = \delta/4$, N, le nombre de molécules par centimètre cube et m_1 et m_2 les masses des molécules qui entrent en collision, permet de calculer le diamètre de choc de la molécule. Nous devons remarquer cependant que ces calculs ne seront pas très exacts dans notre cas à cause des niveaux d'énergie très rapprochés de la molécule de I_2. Les calculs faits on trouve : pour I_2 seul $\rho_3 = 29 \times 10^{-8}$ cm et $\rho_4 = 27 \times 10^{-8}$ cm; pour $I_2 + N_2$: $\rho_3 = 17 \times 10^{-8}$ cm et $\rho_4 = 16 \times 10^{-8}$ cm; pour $I_2 + O_2$: $\rho_3 = 17 \times 10^{-8}$ cm et $\rho_4 = 16 \times 10^{-8}$ cm. Ces valeurs sont plus grandes que celles déduites des spectres d'absorption et de fluorescence de I_2. On remarque que O_2 et N_2 sont moins actifs sur la molécule de I_2 que celui-ci sur ses propres molécules.

Perturbation de la vie moyenne d'un terme. — Le principe général de Heisenberg permet d'écrire la relation $\Delta E . \tau \leqq h$, où ΔE mesure l'imprécision de position du niveau d'énergie E et τ la vie moyenne du terme. L'élargissement d'une raie est l'effet additionné de l'instabilité des deux niveaux que relie cette raie. Si nous admettons que cette cause participe d'une manière égale dans l'élargissement de la raie, nous trouvons dans le cas $I_2 + O_2$, raie 3, $\tau \approx 6 \times 10^{-10}$ sec. La vie moyenne dans l'état supérieur est donc de l'ordre de 100 fois plus courte que dans le cas de la fluorescence ($\tau \approx 10^{-8}$ sec).

Destruction de la polarisation de la lumière de fluorescence par O_2. — L'admission de l'oxygène sous une pression de l'ordre de 10^{mm} Hg dans un tube à I_2 à la température normale détruit la polarisation de la lumière de fluorescence. Nous en avons fait l'examen pour 20 raies de la série excitée par la raie 5461. L'excitation était en lumière naturelle. Le degré de polarisation était en moyenne de 12 pour 100. Si nous admettons que l'admission de 10^{mm} Hg de O_2 à la température ordinaire élargisse, comme plus haut à 124°, de 10 pour 100 les raies d'absorption 3 et 4 de I_2, on voit que cet élargissement, qui traduit la perturbation de l'énergie des molécules respectives de I_2 par O_2, indique aussi une modification de la polarisabilité des mêmes molécules.

---

(1) V. Weisskopf, *Phys. Zeits.*, 34, 1933, p. 1.

POLARIMÉTRIE. — *Étude polarimétrique de la dilactylamide active.* Note [1] de M. **Pierre Vièles**, présentée par M. Delépine.

La $(d+l)$ dilactylamide [2] $O\left\langle\begin{array}{l}CH^3-CH-CONH^2\\CH^3-CH-CONH^2\end{array}\right.$ fournit, comme M. Godchot et nous-même l'avons indiqué [3], un exemple très net de dédoublement spontané. Ayant entrepris l'étude physicochimique de ce phénomène, nous avons dû, au préalable, déterminer les variations du pouvoir rotatoire de la dilactylamide en solution aqueuse, sous l'influence de divers facteurs.

1. *Dispersion rotatoire*. — Les nombres du tableau ci-dessous se rapportent à une solution aqueuse de dilactylamide (lévogyre) de titre $p = 0,0498$ à la température de 19°C.

Longueurs d'onde λ.	Rotations observées α_λ.	Rapports de dispersion $\alpha_\lambda/\alpha_{5461}$.	Rotations calculées par formule [1] α_λ.
5893	— 7,38	0,842	— 7,37
5780	— 7,70	0,878	— 7,70
5461	— 8,765	1,000	-
4917	—11,08	1,264	—11,20
4358	—15,12	1,725	-
4047	—18,40	2,099	—18,32

La dispersion rotatoire est convenablement représentée, dans l'intervalle spectral utilisé, par une formule de Drude à un seul terme :

$$(1) \qquad \frac{\alpha_\lambda}{\alpha_{5461}} = \frac{2,5780.10^7}{\lambda^2 - 2011^2} \qquad (\lambda \text{ évalué en angströms}).$$

Les nombres figurant dans la quatrième colonne du tableau ont été calculés d'après cette formule à partir de $\lambda = 5461$ et 4358.

2. *Variation avec la température*. — Le pouvoir rotatoire de la dilactylamide en solution aqueuse varie considérablement avec la température.

Ainsi pour une solution de titre $p = 0,555$ et dans l'intervalle de tempé-

---

(1) Séance du 26 juin 1933.

(2) *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 1430.

(3) *Bull. Soc. chim. France*, 4e série, **59**, 1932, p. 589.

ratures de 10° à 32°,75, le pouvoir rotatoire est donné par la formule

$$(2) \quad [\alpha_{5461}] = 88,84 - 0,359(t-15) \quad \text{ou} \quad [\alpha_{5461}] = 88,84[1-k(t-15)]$$
$$(K = 0,00404); \quad t, \text{ température.}$$

Pour des écarts de températures plus grands, une formule linéaire ne s'applique plus.

3. *Variation avec la concentration.* — Le pouvoir rotatoire de la dilactylamide en solution aqueuse diminue légèrement quand la concentration augmente. Cette variation est convenablement représentée à la température de 19° C. par la formule

$$(3) \quad [\alpha_{5461}] = [\alpha_{0_{5461}}](1 + mp + np^2), \quad [\alpha_{0_{5461}}] = 89,38$$
$$(m = -0,781, \ n = 5,41).$$

$[\alpha_{0_{5461}}]$ est la valeur limite du pouvoir rotatoire pour une dilution infinie à la température considérée.

4. *Indépendance de ces diverses variations.* — *a.* Les variations de température et de concentration n'affectent pas la dispersion rotatoire. Cela semble indiquer qu'elle ne sont pas vraisemblablement imputables à des phénomènes d'ordre chimique (équilibres tautomériques); d'ailleurs, les solutions de dilactylamide ne présentent pas de mutarotation.

b. Nous avons vérifié en outre que le coefficient k de la formule (2) est indépendant de la concentration et que les coefficients m et n de la formule (3) ne dépendent pas de la température. En conséquence, si, par application de la formule (2), on ramène le coefficient $[\alpha_{0_{5461}}]^{19}$ de la formule (3) à la température de 15° C., on a une nouvelle valeur relative à cette température : $[\alpha_{0_{5461}}]^{15} = 90,22$.

c. Si, au lieu d'opérer avec le composé actif pur, on opère avec des mélanges en proportions connues des deux inverses optiques, on observe que, même aux températures où le racémique est stable, les coefficients de la formule (1) ainsi que les termes k, m et n des formules (2) et (3) conservent les mêmes valeurs. Dans ce cas, le titre p qui intervient dans la formule (3) est évidemment le titre total en amide d et l, et il faut alors remplacer dans cette formule le terme $[\alpha_{0_{5461}}]$ par $(d\text{-}l)\,[\alpha_{0_{5461}}]$, d et l étant les masses de corps droit à gauche dans 1^g de mélange solide.

Ces faits sont en accord avec ce qu'on sait de l'inexistence des racémiques en solution.

En résumé, soit pour des solutions d'amide active pure, soit de mélanges des deux inverses optiques, on constate une superposition pure et simple

des effets étudiés ci-dessus. Le pouvoir rotatoire de la dilactylamide en solution aqueuse est donc donné par la formule générale :

$$[\alpha_\lambda] = 90{,}22\,(d\text{-}l)\,[1 - 0{,}00404\,(t - 15)]\,(1 - 0{,}781\,p + 5{,}41\,p^2)\,\frac{2{,}5780.10^7}{\lambda^2 - 2011^2},$$

formule que nous utilisons pour l'établissement des isothermes de solubilité des mélanges de dilactylamides inverses optiques.

PHOTOÉLECTRICITÉ. — *Sur l'effet photoélectrique des cristaux d'argentite, de proustite et de pyrargyrite.* Note [1] de M. **G. Athanasiu**, présentée par M. A. Cotton.

On sait que certains cristaux semi-conducteurs intercalés entre deux électrodes dans le circuit d'un galvanomètre sensible donnent des f. e. m. photoélectriques [2]. Je me suis proposé d'étudier cet effet dans le spectre visible et le proche infrarouge pour des crisaux d'argentite, de proustite et de pyrargyrite et de le comparer à la variation de conductibilité que la lumière produit sur ces cristaux.

Appareils. — L'électrode éclairée est une grille à fils de platine, de cuivre ou d'argent, à mailles fines, qui est pressée contre une des faces planes du cristal. L'autre électrode est une grille, un fil, ou une lame conductrice s'appuyant sur le côté opposé du cristal. Ce dispositif est introduit dans le circuit d'un galvanomètre sensible et de grande résistance. Un monochromateur très lumineux, à optique de verre, permet d'obtenir les radiations comprises entre λ 0,4 et 1,4 μ. L'énergie de chaque radiation est mesurée à l'aide d'une pile thermoélectrique et chaque déviation donnée par le galvanomètre, quand on éclaire le cristal, est rapportée à l'énergie agissante.

En étudiant de la sorte plusieurs échantillons j'obtiens les résultats moyens suivants : l'*argentite* est sensible depuis $0^{\mu},500$ jusqu'à $1^{\mu},4$ et montre un maximum de sensibilité vers $1^{\mu},15$ (P. H. Geiger le trouvait près de 1 μ). L'effet diminue toujours très rapidement. Pour une pile formée depuis quelque temps le courant photoélectrique est toujours négatif,

(1) Séance du 26 juin 1933.

(2) Voir surtout : W. W. Coblentz et ses collaborateurs, *Phys. Rev.*, 2e série, 13, 1919, p. 154; *Sc. Papers Bureau of Standards*, nos 338, 1919, p. 121; 398, 1920, p. 231; 412, 1921, p. 595; 446, 451 et 452, 1922, p. 179; H. Sheldon et P. H. Geiger, *Nat. Ac. Sc. Proc.*, 8, 1922, p. 161; P. H. Geiger, *Phys. Rev.*, 22, 1923, p. 461; H. Dember, *Phys. Zeit.*, 32, 1931, p. 554.

c'est-à-dire que les électrons libérés par la lumière vont dans le sens cristal-électrode éclairée. L'effet est plus grand si l'on polarise le cristal en introduisant dans le circuit une f. e. m. auxiliaire du même sens que celle donnée par la lumière. En polarisant le cristal par une f. e. m. de sens contraire à celle donnée par la lumière on arrive à annuler et à changer le sens de la f. e. m. photoélectrique (effet positif). Une f. e. m. auxiliaire de quelques millivolts est souvent suffisante pour ce changement de sens. Le maximum de sensibilité reste à la même place dans le spectre quand on renverse ainsi le sens de l'effet photoélectrique.

Pour la proustite et la pyrargyrite, l'électrode éclairée étant la grille de platine, l'effet photoélectrique est positif (les électrons vont de la grille éclairée vers le cristal). La *proustite* montre un maximum de sensibilité, très net, pour $\lambda = 0^{\mu},58$ et un autre maximum situé dans le violet ($\lambda < 0^{\mu},45$). Pour certains montages avec grille de cuivre on obtient un effet photoélectrique négatif pour des radiations rouges ($\lambda > 0^{\mu},65$).

Le maximum de sensibilité de la *pyrargyrite* se trouve vers λ $0^{\mu},62$-$0^{\mu},65$; un autre maximum est situé dans le violet ($\lambda < 0^{\mu},45$). Certains cristaux de pyrargyrite, à surface plus noircie, montrent une sensibilité décroissant continuellement de $0^{\mu},45$ à $0^{\mu},80$ sans maximum net entre $0^{\mu},62$ et $0^{\mu},65$. Enfin, surtout si l'électrode éclairée est une grille de cuivre on observe, tout comme pour la proustite, que les radiations rouges donnent un effet contraire (effet négatif). Pour la proustite et la pyrargyrite le changement du sens de l'effet photoélectrique est beaucoup plus difficile à provoquer. Pour la pyrargyrite par exemple l'inversion a été obtenue seulement à partir des f. e. m. auxiliaires de 0,6 volt. Il est à remarquer que les radiations donnant le maximum de sensibilité pour la proustite ($0^{\mu},58$) et pour la pyrargyrite ($0^{\mu},62$-$0^{\mu},65$) sont celles pour lesquelles commence, pour ces cristaux, une région de forte absorption.

Si l'on compare les courbes de sensibilité que j'ai obtenues avec les courbes de *Coblentz*, sur la variation de conductibilité de ces mêmes cristaux, on remarque les faits suivants : dans ces expériences le maximum de sensibilité se déplace dans le spectre quand la température diminue et de nouveaux maxima peuvent apparaître. Ainsi pour l'argentite, la radiation donnant le maximum de conductibilité passe de $\lambda = 1^{\mu},4$ à la température habituelle, à $1^{\mu},1$ quand la température est descendue à $-110°$C. Pour la proustite, la radiation donnant le maximum de conductibilité à $+22°$C. est $0^{\mu},45$ environ, mais quand la température diminue ce maximum disparaît et à $-125°$ il est remplacé par un autre maximum très aigu, situé

vers λ $0^{\mu},58$. De même pour la pyrargyrite le maximum de conductibilité observé dans le violet est remplacé pour $t = -137°$ par un autre très aigu situé à λ $0^{\mu},63$. *On voit donc que les radiations donnant le maximum de sensibilité que j'ai obtenu pour l'effet photoélectrique à la surface des cristaux coïncident avec les radiations qui ont donné à Coblentz aux basses températures les plus grands changements de conductibilité.*

On pourrait expliquer les faits observés de la manière suivante : le mouvement des électrons à l'intérieur du cristal est gêné, à la température habituelle, par les vibrations thermiques des particules du cristal. Certains maxima de sensibilité, pour la conductibilité, ne peuvent par suite apparaître qu'à des températures assez basses. Dans nos expériences sur l'effet photo-cristallin, la lumière agit sur des parties du cristal très rapprochées de l'électrode collectrice : aussi, les électrons libérés par la lumière directement, ou par suite des effets secondaires, peuvent arriver à l'électrode et produire l'effet observé.

ÉLECTROCHIMIE. — *Conductibilité de l'acide chlorhydrique dans l'éther anhydre*. Note de M. **T. Mounajed**, présentée par M. G. Urbain.

Kabloukow [1] a déjà remarqué incidemment que la conductibilité équivalente des solutions d'acide chlorhydrique dans l'éther diminue en même temps que la concentration et il a déterminé trois points de la courbe. Nous avons repris et complété cette étude. Nous sommes parti de l'éther et de l'acide rigoureusement anhydres. Les résultats de nos expériences, faites à 18°C. et sur des solutions fraîchement préparées, sont consignés dans le tableau suivant :

Concentration équivalente par litre.	Conductibilité équivalente en mhos.	Concentration équivalente par litre.	Conductibilité équivalente en mhos.
0,02	0,00588	2,40	0,00210
0,06	0,00280	3,49	0,0105
0,20	0,00117	3,83	0,0172
0,39	0,00073	4,50	0,0277
0,81	0,00054	5,50	0,0629
1,10	0,00053	6,33	0,1168
1,52	0,00056	6,61	0,1732
1,60	0,00077	6,69	0,1981
2,21	0,00178	6,80	0,4123

(1) *Zeitsh. Physik. Chem.*, 4, 1889, p. 429.

Ce tableau montre que la conductibilité équivalente de la solution diminue d'abord quand la concentration de la solution augmente jusqu'à un minimum correspondant environ à la concentration normale; elle augmente ensuite et croît très rapidement pour les fortes concentrations. Ce dernier fait, qui est la partie la plus intéressante du phénomène, peut s'interpréter par l'hypothèse de la formation d'ions complexes, combinaisons des ions H et Cl avec des molécules H Cl.

Nous avons conservé dans des flacons hermétiquement fermés dix échantillons dont nous avons déterminé au préalable la conductibilité. Après un mois de vieillissement nous avons constaté que la conductibilité augmentait sans que la concentration changeât. La courbe de la conductibilité se déplace dans le sens des ordonnées croissantes. Les résultats sont les suivants :

	Conductibilité équivalente des solutions	
Concentration équivalente par litre.	fraîches (en mhos).	vieillies d'un mois (en mhos).
0,02	0,00588	0,0853
0,06	0,00280	0,0206
0,20	0,00117	0,0147
0,81	0,00054	0,0081
2,21	0,00178	0,0232
2,40	0,00210	0,0395
3,49	0,0105	0,1770
3,83	0,0772	0,1855
4,50	0,0277	0,2906
5,5	0,0629	0,5947

On peut expliquer cette augmentation de la conductibilité en admettant que l'acide chlorhydrique agit lentement sur l'éther suivant l'équation d'éthérification :

$$C^2H^5 - O - C^2H^5 + 2HCl \rightarrow H^2O + 2C^2H^5Cl.$$

La nouvelle phase, faiblement hydratée, ainsi engendrée est plus ionisante que l'éther anhydre. Les quantités d'eau et de chlorure d'éthyle engendrées restant faibles, la quantité d'acide libre est restée pratiquement constante. Il se forme probablement des ions Cl et H hydratés et la conductibilité augmente.

Nous avons vérifié ce fait en introduisant dans une solution fraîchement préparée et de concentration moyenne des faibles quantités croissantes d'eau et nous avons constaté que la conductibilité augmente presque linéairement avec la teneur en eau, le taux d'accroissement de la conductibilité équivalente de l'acide étant égale à 0,055 pour l'accroissement de 1 pour 100 en poids de la teneur en eau dans la solution.

RADIATIONS. — *Influence du champ magnétique sur la fluorescence d'un jet d'atomes de cadmium. Facteur g de Lande relatif à l'état* 2^3P_1. Note de M. **Paul Soleillet**, transmise par M. Pierre Weiss.

La dépolarisation sous l'influence du champ magnétique de la radiation émise par résonance optique de la vapeur de mercure sous l'effet de la radiation $1^1S_0 - 2^3P_1$ de longueur d'onde $\lambda = 2537$ Å s'explique selon Elridge (¹), par une rotation de l'atome autour du champ magnétique entre le moment de l'excitation et celui de l'émission. Cette rotation s'effectue avec la vitesse angulaire $\omega = g\omega_0$, ω_0 étant la vitesse angulaire de la rotation classique de Larmor $\omega_0 = eH/2m$ et g étant le facteur de Lande relatif à l'état excité 2^3P_1. Mais les atomes n'ont pas tous la même durée de vie en cet état. Comme pour les noyaux radioactifs, cette durée de vie est distribuée suivant une loi exponentielle. Dans les conditions habituelles, on ne peut donc observer qu'une résultante des rotations correspondant à ces durées de vie inégales. La rotation est plus ou moins masquée par la dépolarisation et dépend à la fois de ω et de la durée moyenne de vie. Si nous opérons au contraire sur le gaz dirigé, la vitesse thermique des atomes doit pouvoir séparer les régions d'émission des atomes de durées de vie différentes et correspondant à des rotations différentes. Malheureusement en ce qui concerne le mercure, la durée de vie moyenne est trop courte pour qu'aux vitesses réalisables les régions d'émission soient sensiblement séparées de la région d'excitation. L'emploi du cadmium et de la radiation 3261 Å qui joue chez ce corps le rôle joué chez le mercure par la radiation 2537 Å peut permettre au contraire, grâce à la valeur plus grande de la durée de vie, une séparation des différentes régions de fluorescence et par suite l'étude en fonction du temps de la rotation. Seul l'étalement des vitesses suivant la loi de Maxwell produit un brouillage partiel. Bien que ce dernier soit gênant on peut, en se plaçant dans des conditions convenables, mettre en évidence de façon directe la rotation des atomes et obtenir une valeur au moins approchée de la vitesse angulaire ω.

Un jet d'atomes de cadmium se déplaçant verticalement de bas en haut est éclairé dans une tranche horizontale mince de 1 à 2 dixièmes de millimètre d'épaisseur par le rayonnement excitateur 3261 Å polarisé verticale-

(¹) Elridge *Physical Review*, 24, 1924, p. 234.

ment. La lumière de fluorescence est observée perpendiculairement au jet et au faisceau excitateur. Un champ magnétique faible est créé suivant la direction d'observation. Un cube de Wollaston est placé sur le faisceau observé de façon à le séparer en deux faisceaux, vibrant perpendiculairement l'un à l'autre et à 45° de la verticale. La photographie de la région fluorescente fournit dans ces conditions deux taches qui correspondent à ces deux directions de vibration. Ces taches montrent que la région fluorescente s'étend au delà de la région excitée dans le sens de la vitesse des atomes. On observe de plus sur l'une des taches un minimum de noircissement.

Ce minimum se trouve à $0^{mm},4$ de la région excitée si le champ est de $4,10^{-2}$ gauss. Il correspond à une rotation de 45° du vibrateur atomique, qui, à l'instant de l'excitation, est dirigé verticalement alors qu'à celui de l'émission il l'est suivant la direction d'extinction d'un des faisceaux pour le Wollaston.

Le temps de cette rotation est sensiblement celui mis à parcourir la distance de $0^{mm},4$ par des atomes de la vitesse la plus probable $v_0 = 2kT/m$, à la température du four $T = 600°$ K., soit $3,27.10^4$ cm/sec.

On trouve ainsi $\omega = 6,54.10^5$. La rotation de Larmor correspondante étant $\omega_0 = 3,67.10^5$, le facteur de Lande observé se trouve avoir la valeur $g = \omega/\omega_0 = 1,75$.

Le résultat théorique 3/2 n'est ainsi que très grossièrement atteint. La précision expérimentale ne pouvant être que faible, il faut considérer l'accord comme satisfaisant.

On ne peut observer les autres minima de lumière que l'on devrait attendre si les atomes avaient tous la même vitesse. Les franges correspondantes sont évidemment toutes brouillées.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur le ralentissement des rayons α dans l'hydrogène.* Note de M. **G. Mano**, présentée par M. Jean Perrin.

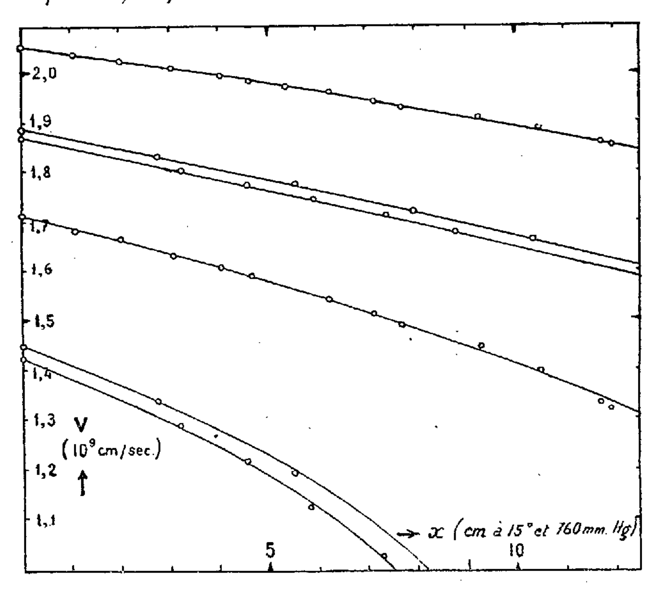
Nous avons étudié le ralentissement des rayons α dans l'hydrogène par une méthode directe dont le principe a été donné dans une Note précédente [1]. L'hydrogène utilisé était soigneusement purifié par un passage à travers une paroi de Pd chauffée au rouge; il était spectroscopiquement

---

(1) G. Mano, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1235.

pur. Nous avons employé le ThC + C′ comme source radioactive. Pour compléter l'étude dans tout le domaine de vitesses accessible, nous avons effectué quelques expériences avec des sources de ThC + C′ dont les rayons α avaient subi un ralentissement auxiliaire préalable. Les vitesses initiales des groupes dont le ralentissement dans l'hydrogène a été étudié ainsi sont : $2{,}054.10^9$; $1{,}882.10^9$; $1{,}865.10^9$; $1{,}707.10^9$; $1{,}444.10^9$ et $1{,}420.10^9$ cm/sec. La vitesse restante minimum atteinte est $1{,}02.10^9$ cm/sec. Les résultats des expériences sont représentés par les points de la figure ci-après.

Le « pouvoir d'arrêt » de l'hydrogène par rapport à l'air, tel qu'il résulte de ces expériences, est inférieur à celui que donne Gurney [1]. Par exemple pour $v = 2{,}0.10^9$ cm/sec nous trouvons $0{,}198_5$ au lieu de 0,206; pour $v = 1{,}5.10^9$ cm/sec 0,207 au lieu de 0,215.



Nous pouvons comparer les résultats de nos expériences à ceux de la théorie d'absorption des rayons α donnée par H. Bethe [2] et F. Bloch [3]. La formule de Bethe pour la perte d'énergie $-dT/dx$ des rayons α le long de leur trajet x dans l'hydrogène est la suivante :

$$-\frac{dT}{dx} = \frac{16\pi e^4 N}{mv^2}\log\frac{2mv^2}{E},$$

(1) *Proc. Roy. Soc.*, A, 107, 1925, p. 340.

(2) *Ann. der Physik*, 5, 1930, p. 325.

(3) *Ann. der Physik*, 16, 1933, p. 285.

où e est la charge de l'électron, m sa masse, N le nombre d'atomes par centimètre cube, v la vitesse de la particule α. $\overline{E}$ est l'énergie moyenne d'excitation, qui ne peut être calculée exactement que pour l'atome H, Bethe donnant pour ce cas $\overline{E} = 14,9$ volts-électron. Pour la molécule H_2, Bethe admet également $\overline{E} = 15$ volts, alors que E. J. Williams (1) pose $\overline{E} = 17,5$ volts. On peut intégrer l'équation de Bethe et obtenir ainsi la relation $x(v)$ en termes finis (2). Cette expression intégrale peut être complétée pour tenir compte des termes de relativité et des termes correctifs de F. Bloch; elle peut être comparée directement aux courbes expérimentales.

Pour une comparaison effective, il faut adopter une valeur déterminée de $\overline{E}$; celle qui convient le mieux pour retrouver exactement les courbes expérimentales est $\overline{E} = 16,0$ volts; elle peut être considérée, à l'approximation actuelle des calculs, comme identique à la valeur théorique. Les courbes tracées sur la figure sont calculées par la formule intégrale de Bethe-Bloch avec $\overline{E} = 16$ volts. On voit qu'elles suivent les points expérimentaux avec une remarquable exactitude. On peut dont affirmer qu'en ce qui concerne l'absorption des rayons α par l'hydrogène, les théories fondées sur la Mécanique ondulatoire sont en accord aussi bon que possible avec l'expérience.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Diagrammes de solidification des alliages formés par deux métaux alcalins. Alliages sodium-potassium.* Note de M. **E. Rinck**, présentée par M. G. Urbain.

Les métaux alcalins sodium, potassium, rubidium et cæsium peuvent former six alliages binaires différents, dont seuls les alliages sodium-potassium ont été étudiés. Voulant aborder l'étude de ces systèmes, nous avons commencé, à titre de contrôle, par reprendre le diagramme de solidification des alliages sodium-potassium, dressé en 1912 par Van Bleiswijk (3).

Appareil. — Pour empêcher l'altération des métaux alcalins au cours des mesures, Van Bleiswijk avait opéré sous une couche de pétrole. Comme

(1) *Proc. Roy. Soc.*, A, **135**, 1932, p. 108.
(2) Cf. Mano, *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 1815.
(3) *Z. anorg. allg. Ch.*, **74**, 1912, p. 152.

dans ces conditions on ne peut éviter de manipuler les métaux à l'air, ce procédé ne permet pas d'obtenir des alliages exempts d'impuretés.

L'appareil que nous avons mis au point permet de préparer les alliages à étudier par distillation dans le vide (*fig.* 1). Le métal alcalin purifié au

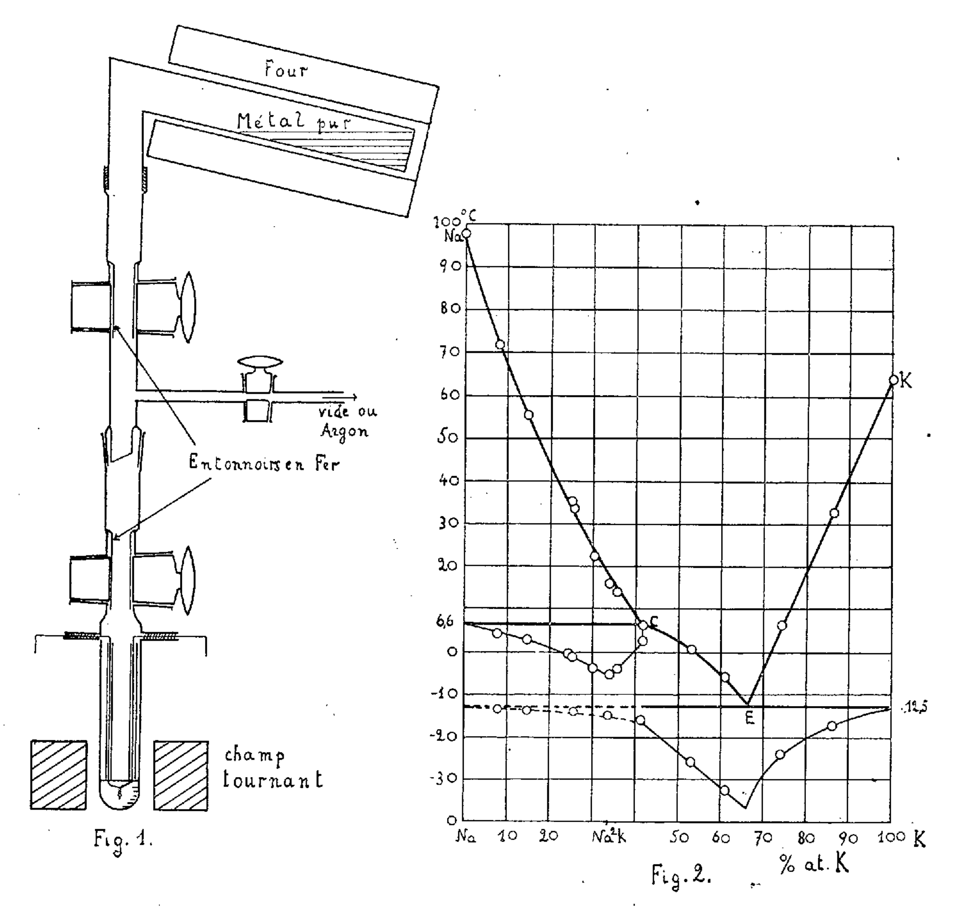


Fig. 1.

Fig. 2.

préalable par une distillation fractionnée est placé dans une cornue en fer adaptée à un appareil en verre moyennant un joint en caoutchouc. En principe cet appareil est formé par deux robinets à large voie réunis par un rodage. Au robinet inférieur est soudé le tube à réaction proprement dit contenant un couple thermoélectrique. Pour éviter un encrassement du métal distillé au contact de la graisse des robinets, ceux-ci sont garnis intérieurement d'un tube en fer. Lors de la fermeture des robinets ces tubes sont soulevés à l'aide d'un petit électro-aimant. Au cours d'une distillation tout l'appareil est maintenu à une température suffisamment élevée pour empêcher la solidification du distillat.

Mode opératoire. — En chauffant la cornue, le métal vaporisé se condense dans le col vertical et tombe en chute libre jusqu'au fond du tube à réaction. Après avoir distillé un des constituants on pèse la quantité de métal recueilli. On adapte ensuite une nouvelle cornue contenant le deuxième métal dont on distille une quantité voulue, qu'on détermine également par pesée. Malgré toutes les précautions prises, il est inévitable que quelques gouttelettes s'accrochent aux parois du tube et ne participent pas à la formation de l'alliage. Il en résulte une imprécision sur sa composition déterminée par pesée. De nombreuses analyses de contrôle ont montré que l'erreur ainsi commise est inférieure à 1 pour 100 [1].

Une agitation efficace de l'alliage liquide est réalisée à l'aide d'un champ tournant à sens de rotation variable, entourant le tube à réaction. Les courbes de refroidissement et d'échauffement sont enregistrées photographiquement. Pour tenir compte des résidus de torsion importants du galvanomètre enregistreur, une mesure directe de la température est effectuée toutes les trois minutes à l'aide d'un potentiomètre.

Résultats. — Les résultats obtenus ont permis de tracer le diagramme de solidification ci-contre (*fig.* 2).

Il est caractérisé par l'existence d'une combinaison instable Na^2K et d'un eutectique à 66 atomes de potassium pour 100.

En refroidissant un alliage de composition intermédiaire entre 40 et 42 pour 100 de potassium on obtient un dépôt de cristaux de sodium jusqu'à ce que le liquide ait atteint la composition du point C à 6°,6 C.

Dès lors le liquide réagit avec le sodium solide pour former le composé Na^2K. Or cette réaction n'est jamais complète, ce qui se traduit sur les courbes de refroidissement par l'existence d'un palier à — 12°,5C. correspondant à la solidification de l'eutectique (courbe des paliers du pointillé). Si par contre on maintient l'alliage pendant 24 heures à une température légèrement inférieure à 6°,6C. on constate sur les courbes d'échauffement que les paliers eutectiques ont disparu tandis que les paliers correspondant à la décomposition de Na^2K se sont allongés. C'est donc à partir des courbes d'échauffement que nous avons tracé la courbe des paliers correspondant à la combinaison.

Ces résultats sont en complet accord avec ceux trouvés par Van Bleiswijk.

---

(1) Cette méthode n'est pas utilisée par commodité mais par raison d'économie lorsqu'on veut mettre en œuvre des metaux très chers comme le rubidium et le cæsium.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Détermination cryoscopique de l'hydratation globale des ions du chlorure d'ammonium.* Note de MM. **F. Bourion** et **E. Rouyer**, présentée par M. G. Urbain.

Afin de compléter des recherches antérieures relatives aux solutions de chlorure de potassium et de chlorure de sodium ([1]), nous avons étudié par voie cryoscopique les équilibres moléculaires de la résorcine dans les solutions de chlorure d'ammonium en choisissant le coefficient cryoscopique k' de manière que la constante d'équilibre

$$K_3 = \frac{c^3}{c'} = \frac{3C(330\Delta - ak')^3}{4a^2k'^2(3ak' - 330\Delta)}$$

possède la même valeur que dans l'eau ([2]), soit 3,500. Dans cette relation c, c' et C sont respectivement les concentrations des molécules simple, triple et totale de la résorcine, cette dernière étant exprimée en molécules simples, Δ l'abaissement cryoscopique produit par la résorcine, et a la masse de résorcine pour 100^g d'eau.

Nous avons étudié successivement les solutions de ClAm 1 M et de ClAm 0,5 M. Dans ce travail, de même que pour les solutions de résorcine dans l'eau et dans les solutions de chlorures de potassium et de sodium, les concentrations sont prises à la température de 15° C. Nous avons observé :

	ClAm 1 M ; $k' = 20,82$.		ClAm 0,5 M ; $k' = 19,76$.	
Concentration.	Δ.	K_3.	Δ.	K_3.
0,250	0°,520	1,597	0°,487	1,812
0,375	0,774	2,525	0,709	1,961
0,500	1,015	2,956	0,927	2,311
0,625	1,252	3,367	1,143	2,693
0,750	1,4725	3,401	1,353	2,969
0,875	1,6885	3,444	1,5565	3,132
1,000	1,894	3,371	1,7525	3,187
1,125	2,102	3,387	1,957	3,387
1,250	2,315	3,480	2,1585	3,525
1,375	2,529	3,576	2,3555	3,587
1,500	2,741	3,627	2,5475	3,576
1,625	2,948	3,607	2,7405	3,567

([1]) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1111; F. Bourion et Mlle O. Hun, *Ibid.*, p. 1489.

([2]) F. Bourion, E. Rouyer et Mlle O. Hun, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1015.

Concentration.	ClAm 1 M; $k' = 20,82$. Δ.	K_3.	ClAm 0,5 M; $k' = 19,76$. Δ.	K_3.
1,750	3,155	3,580	2,933	3,539
1,875	3,365	3,562	3,136	3,591
2,000	3,572	3,501	3,3335	3,569
2,125	–	–	3,530	3,517
2,250	–	–	3,7395	3,546
2,375	–	–	3,9415	3,494
2,500	–	–	4,142	3,410

On voit que pour $k' = 20,82$, K_3 moyen est 3,5033 pour la solution de ClAm 1 M lorsque la concentration en résorcine croît de 0,750 à 2,000 et que, pour $k' = 19,76$, K_3 moyen est 3,4996 lorsque la concentration en résorcine varie de 1,000 à 2,500 pour la solution de ClAm 0,5 M. On calcule aisément par extrapolation, en utilisant les grandeurs de K_3 correspondant à d'autres valeurs de k' pour $K_3 = 3,500$ pour $k' = 20,8223$ avec la série ClAm 1 M et pour $k' = 19,7594$ avec la série ClAm 0,5 M.

Calcul de l'hydratation des ions : 1° ClAm 1 M. — Le pour cent x de l'eau fixé sur le sel est

$$x = \frac{100(20,8223 - 18,4)}{20,8223} = 11,63.$$

D'autre part, on calcule aisément d'après la connaissance de la densité de la solution de ClAm 1 M à 15° C., soit 1,01669, que la masse de chlorure d'ammonium pour 100g d'eau est 5g,5545, de sorte que le nombre de molécules d'eau fixé sur 1 molécule de chlorure d'ammonium est

$$\frac{11,63 \times 53,5}{5,5545 \times 18} = 6,22.$$

L'hydrate correspondant aux solutions de ClAm 1 M est donc

$$ClAm\ 6,2H^2O.$$

Des expériences relatives à des mesures de solubilité [1] de N^2O et de C^2H^2 dans l'eau et dans les solutions de ClAm 1 M ont fourni, en tenant compte de l'hydratation individuelle des ions ClAm $4,3H^2O$, composition voisine de celle que nous avons observée.

2° ClAm 0,5 M. — En conduisant le calcul comme nous venons de le faire pour les solutions de ClAm 1 M, on trouve pour les solutions de

(1) MANCHOT, JAHRSORFER et ZEPTER, *Z. anorg. Chem.*, 141, 1924, p. 38-81.

ClAm 0,5 M dont la densité à 15° C. est 1,00862 et en prenant la valeur $k' = 19,7594$ indiquée précédemment que l'hydrate correspondant est

$$\text{ClAm } 7,5\,H^2O$$

de degré plus élevé que celui des solutions ClAm 1 M.

En comparant ces résultats à ceux obtenus précédemment (*loc. cit.*), on voit que les ions ammonium sont moins hydratés que les ions potassium et moins encore que les ions sodium.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Influence du champ magnétique sur la corrosion du fer par les sels de métaux nobles.* Note de M. **H. Forestier** et Mlle **M. Haury**, présentée par M. G. Urbain.

Dans une Note antérieure (1), l'un de nous avait mis en évidence l'influence parfois considérable que peut avoir le champ magnétique sur la vitesse de dissolution du fer dans les solutions de chlorure et de sulfate cuivriques, phénomène qui pourrait être expliqué par une augmentation de la pression de dissolution du fer, sous l'influence de l'aimantation.

Dans le présent travail nous avons cherché à généraliser cette étude en remplaçant les sels cuivriques par des halogénures de métaux dont le caractère électropositif va en croissant (sels de mercure, d'argent et d'or). Les résultats obtenus confirment et étendent la portée des conclusions énoncées dans notre première Note.

Au cours d'une étude préliminaire, complétant le précédent travail, nous avons examiné l'influence du champ sur la corrosion du fer, d'une part dans le chlorure cuivrique aux faibles concentrations (2), d'autre part dans le bromure cuivrique. Nous ne reproduisons pas ci-contre, faute de place, les courbes $\Delta pc/\Delta p = f(H)$ de formes analogues à celles relatives au chlorure cuivrique déjà publiées (3); mais on peut voir sur la figure 2 que les courbes $\Delta pc/\Delta p = f(C)$ ont la même allure pour les deux sels de cuivre, l'influence du champ étant cependant plus élevée pour le bromure que pour le chlorure.

La figure 1 représente les principales courbes $\Delta pc/\Delta p = f(H)$ pour les chlorures de mercure, d'or, et le florure d'argent : ces courbes ont des

(1) H. Forestier, *Comptes rendus*, **190**, 1930, p. 1421.

(2) Nous n'étions pas descendu, dans la précédente Note, au-dessous d'une concentration égale à 0,014 atome-gramme de cuivre pour 100^{cm^3} de solution.

(3) H. Forestier, *loc. cit.*

formes analogues à celles obtenues avec les sels de cuivre, elles tendent toutes vers un maximum dans les champs forts. La figure 2 montre que

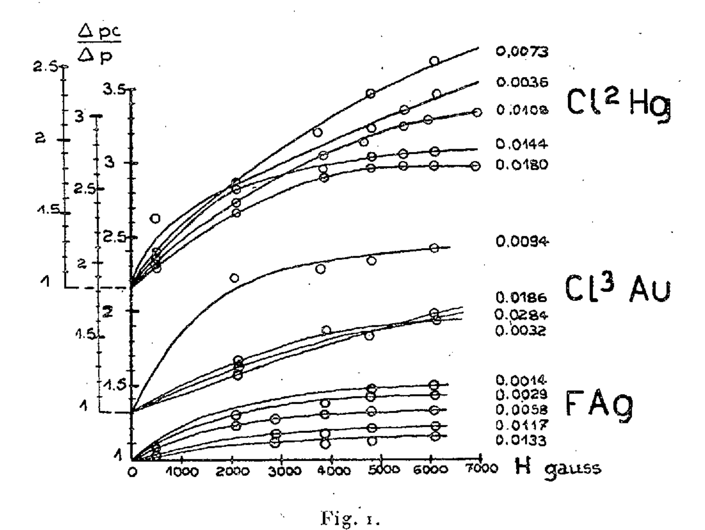


Fig. 1.

$$\frac{\Delta pc}{\Delta p} = \frac{\text{Perte de poids de la plaquette de fer dans le champ}}{\text{Perte de poids de la plaquette de fer en dehors du champ}}.$$

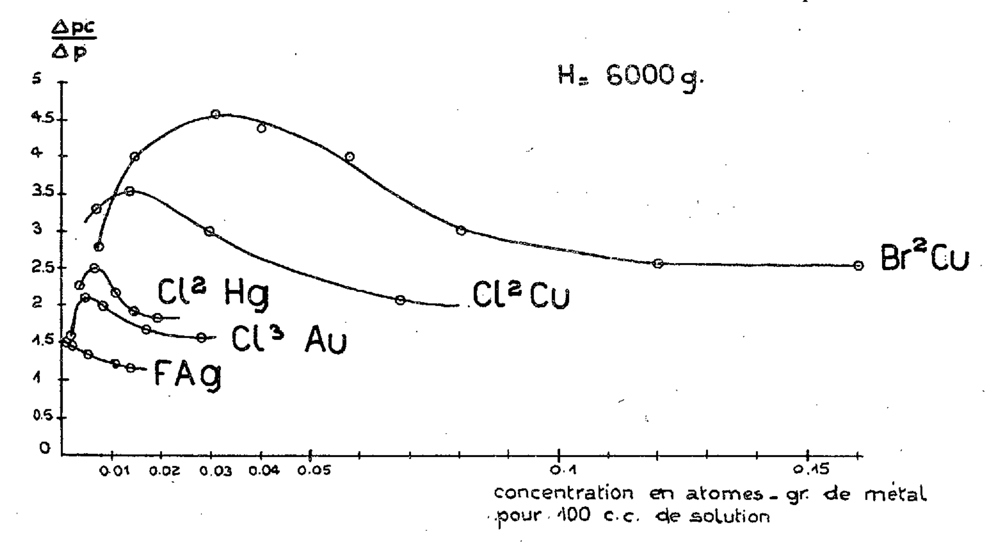


Fig. 2.

$$\frac{\Delta pc}{\Delta p} = \frac{\text{Perte de poids de la plaquette de fer dans le champ}}{\text{Perte de poids de la plaquette de fer en dehors du champ}}.$$

toutes les courbes $\Delta pc/\Delta p = f(C)$ sont du même type sauf celle du fluorure d'argent sur laquelle on n'observe pas de partie ascendante aux faibles

concentrations. Il est intéressant de remarquer qu'elles mettent surtout en évidence la diminution progressive de l'influence du champ lorsque le métal devient plus électropositif. Il existe cependant une inversion entre le chlorure d'or et le fluorure d'argent, peut-être est-elle attribuable à la différence des anions; un certain nombre d'expériences faites sur le bromure d'or ont montré en effet que l'influence du champ allait en diminuant du bromure au chlorure comme pour le cuivre.

L'ensemble de ces résultats conduit à formuler les conclusions suivantes :

1° D'une manière générale, lorsqu'un échantillon de fer est soumis à l'action d'un champ magnétique sa vitesse de dissolution dans les sels de métaux plus nobles croît quand son intensité d'aimantation croît. La vitesse de dissolution a pu atteindre, dans nos expériences, une valeur cinq fois plus élevée qu'en l'absence de champ.

2° Lorsque la concentration du sel en solution augmente, le rapport $\Delta pc/\Delta p$, dans les champs forts, commence par croître, passe par un maximum puis décroît et semble tendre vers une limite pour les concentrations élevées. Dans le cas du fluorure d'argent la partie ascendante de la courbe au départ n'a pu être observée.

3° L'influence du champ, qui varie d'ailleurs, dans une certaine mesure, avec l'anion du sel en solution, semble diminuer lorsque le caractère électropositif du cation s'accentue, c'est-à-dire lorsque la différence des pressions de dissolution entre le fer et le métal déposé croît. Il est évident, en effet, que si le champ magnétique élève la pression de dissolution du fer d'une quantité déterminée, la vitesse de dissolution du métal sera d'autant moins influencée par l'aimantation, que la différence des pressions de dissolution entre le fer et le métal déplacé sera plus grande.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les composés de l'acide tartrique et du nickel.* Note de M. **J.-P. Mathieu**, présentée par M. A. Cotton.

Une Communication récente de MM. Pariselle et Moussiegt [1] m'incite à publier quelques-uns des résultats que j'ai obtenus à ce sujet.

En milieu acide, on connaît depuis longtemps un composé cristallisé de formule brute $C^4H^4O^6Ni$, qui n'est pas en sel normal, comme l'ont prouvé

[1] *Procès-Verbaux de la Société chimique de France*, 15 juin 1933.

les mesures de conductivité et de cryoscopie de Tower [1]. L'étude, par la méthode des variations continues, de l'absorption lumineuse ($\log I_0/I$) et de la rotation (α) dans les mélanges $SO^4Ni + C^4H^4O^6Na^2$, montre que les propriétés optiques des solutions sont dues au composé précédent.

Solutions contenant dans 20^{cm^3} : n^{cm^3} de $C^4H^4O^6Na^2$ 0,54 M + $(10 - n)^{cm^3}$ SO^4Ni 0,54 M
$l = 10^{cm}$.

n.	0.	1.	3.	4.	5.	6.	7.	9.	10.
$\log \frac{I_0}{I}$ $_{636}$	0,55	0,60	0,67	0,70	0,72	0,65	0,49	0,17	–
α^0_{546}	0	0,69	2,53	3,60	4,25	3,80	2,98	1,87	1,71

L'écart maximum avec la loi d'additivité a lieu pour $n = 5$.

L'addition de soude à l'une des solutions précédentes fait croître l'activité optique. On trouve encore un maximum de α pour $n = 5$. Les solutions qui ont cette composition et dont la concentration en nickel est inférieure à 0,1 M environ ne précipitent pas, du moins immédiatement, par addition de soude. Si l'on suppose que cette propriété est due à la formation d'un complexe nickelotartrique, on peut se proposer de déterminer la formule de ce composé en suivant les variations de α lors de l'addition de soude [2]. C'est au voisinage de la proportion 1 NaOH pour 1 Ni que α atteint une valeur limite pour toutes les radiations à la fois.

Solution contenant 0,0675 *atome-gramme de* Ni *par litre*, $l = 2^{cm}$.

Équivalents NaOH	0	0,2	0,5	0,8	1,0	1,5	2,0
α^0_{546}	+0,42	0,51	0,70	0,72	0,73	0,70	0,68

Comme l'avait remarqué Bruhat [3] l'anomalie de la dispersion rotatoire (dans le rouge) reste toujours faible, ainsi que le dichroïsme circulaire.

Les nombres précédents se rapportent aux mesures faites aussitôt après l'addition de soude. Les solutions présentent alors une mutarotation dont la vitesse varie beaucoup avec la concentration totale de la solution.

Le tableau donne les valeurs de α_{546} au cours du temps pour des solu-

---

(1) *Journal of American Chemical Society*, **22**, 1900, p. 501.
(2) E. Darmois, *Journal de Physique*, 4, 1923, p. 49.
(3) *Annales de Physique*, 3, 1915, p. 232.

tions contenant 0,00054 atome-gramme de Ni dans le volume v^{cm^3}, $l = 10^{cm}$:

Temps......	3m.	18m.	30m.	3h.	6h.	20h.	44h.	72h.
v = 15.....	+2°,05	+1,20	+0,32	–	–	–	–	–
25.....	+1,22	+1,11	+0,89	+0,15	–0,06	–0,20	–0,26	–
40.....	+0,69	+0,66	+0,61	+0,41	+0,29	+0,22	+0,20	+0,17
100.....	+0,30	+0,30	+0,29	+0,28	+0,28	+0,26	+0,23	+0,21

Les mesures manquantes ont été empêchées par la précipitation des solutions. Mais, bien avant que les mesures soient impossibles, on constate que la mutarotation des solutions s'accompagne d'un abaissement de la conductivité et de l'apparition des propriétés colloïdales : l'effet Tyndall est intense; le chauffage ou l'addition d'un sel neutre de nature quelconque produisent la floculation. C'est le cation dont la charge intervient dans ce phénomène; en accord avec cette observation, les particules colloïdales se déplacent vers l'anode dans l'électrophorèse.

C'est aux particules colloïdales que sont dues les rotations lévogyres qui apparaissent dans l'évolution de certaines solutions.

Si l'on ultrafiltre sur collodion une de ces solutions lévogyres ($v = 25$ par exemple), on trouve que le filtrat est toujours dextrogyre. Si l'on remet en suspension dans l'eau, en agitant vivement, les particules restées sur le filtre, et qu'on laisse déposer les plus gros fragments pendant quelques heures, la suspension obtenue est lévogyre; une nouvelle ultrafiltration fournit un liquide d'activité optique nulle ou très faiblement droite.

Si d'autre part on ultrafiltre une telle solution au cours de son évolution, alors que sa rotation est encore droite, le filtrat a un pouvoir rotatoire supérieur à celui que possédait la solution à l'époque du début de la filtration.

La valeur de la rotation lévogyre est indépendante de l'orientation de la vibration qui sort du polariseur. La rotation du plan de polarisation n'est donc pas due à un dichroïsme spontané tel que Meslin [1] l'a constaté sur certaines liqueurs mixtes.

En résumé, l'étude polarimétrique ne révèle pas, dans le cas des solutions tartriques de nickel, l'existence d'un composé [TMe] Na^2. Des complexes de ce type se rencontrent chez les autres métaux bivalents de la série du fer (Me = Mn, Co, Fe, Cu). Ces composés sont solubles, bien

(1) G. Meslin, *Comptes rendus*, 136, 1903, p. 1644.

cristallisés; ils montrent un effet Cotton remarquable. Le seul complexe de nickel que décèlent les propriétés des solutions à une moindre teneur en sodium; il est peu dichroïque et peu soluble. On doit admettre que son activité optique dépend de son état de dispersion.

CHIMIE MINÉRALE. — *Décomposition des arsénites par la chaleur.* Note de M. **R. Rat**.

On sait, depuis près de cent ans (¹), que la chaleur provoque la décomposition des arsénites avec libération d'arsenic et formation d'arséniates.

Cette réaction a été reprise récemment par Tammann (²) et par Ray Rushton (³) et nous avons cherché à la préciser en étudiant l'influence de la nature de l'arsénite et celle de la température de chauffe. Nos premiers travaux ont porté sur les orthoarsénites, pyroarsénites, métarsénites et diarsénites de sodium, potassium et baryum.

Le phénomène est plus complexe que ne l'avaient soupçonné nos prédécesseurs. Il dépend d'abord de la constitution du sel et de la « force » de la base correspondante; mais deux caractéristiques thermiques jouent un rôle capital : ce sont les températures de dissociation du sel en anhydride arsénieux et oxyde basique, d'une part, les températures d'oxydo-réduction commençante, d'autre part.

Pour les arsénites de sodium, par exemple, la dissociation débute avant l'oxydo-réduction, de telle sorte qu'un chauffage lent à 300° donne déjà lieu à une perte d'anhydride sans formation d'arsenic. Par contre, un chauffage rapide, à température élevée, rend négligeable le rôle relatif de la dissociation.

Pour atténuer cette dernière perturbation et rendre nos expériences comparables, tous les sels ont été portés rapidement à la température constante de 730°. Voici le résumé des résultats obtenus.

1° L'oxydo-réduction thermique des arsénites exige un rapport moléculaire minimum de l'oxyde basique et de l'anhydride acide.

C'est ainsi que le *diarsénite*, du type $2As^2O^3, K^2O$, peut être maintenu à 730° pendant plusieurs heures, sans subir de décomposition.

(¹) Simon, *Poggendorfs Annalen*, 40, 1837, p. 417.
(²) Tammann, *Zeitschrift für anorganische Chemie*, 149, 1925, p. 84.
(³) Ray Rushton, *Journal of physical Chemistry*, 6, 1932, p. 1772.

2° Pour les autres arsénites d'un même cation, la température initiale d'oxydo-réduction est d'autant plus basse que la proportion d'oxyde basique initialement combinée est plus grande et la force de la base correspondante plus forte.

A la même température, la vitesse de décomposition d'un arsénite est d'autant plus grande que la base est plus forte et en plus grande proportion combinée à l'anhydride.

Ainsi, pour 5g de sel porté à 730°, la transformation est pratiquement complète au bout des temps suivants :

	Métarsénites.	Pyroarsénites.	Orthoarsénites.
Potassium	3 minutes	12 minutes	8 minutes
Sodium	3 »	12 »	6,5 »
Baryum	4 »	20 »	14 »

3° La réaction s'arrête quand la proportion d'anhydride arsénieux ayant subi l'oxydo-réduction en a atteint une fraction pratiquement indépendante de la nature du cation, soit, par exemple :

	Métarsénites.	Pyroarsénites.	Orthoarsénites.
Potassium	13,9 %	72 %	100 %
Sodium	12,9	74	100
Baryum	14,3	72,5	100
Moyenne	1/7 env.	5/7 env.	

Malgré l'homologie frappante des trois transformations, il est difficile de les représenter par des équations chimiques concordantes et rendant compte de l'arrêt de la réaction par l'obtention du diarsénite indécomposable.

CHIMIE MINÉRALE. — *Contribution à l'étude de la réduction du sulfate de sodium en sulfure.* Note (¹) de M. **Pierre Boudnikoff**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

La technique de la préparation du sulfure de sodium consiste à cuire un mélange de sulfate de sodium et de charbon dans la proportion de 3 à 1, à la température de 1000°, dans des fours à flamme, sur sole ou rotatifs.

La réaction de réduction a été étudiée à maintes reprises (²), mais de

(¹) Séance du 5 juin 1933.

(²) Moissan, *Traité de Chimie minérale*, 3, p. 119, 321, 334; Gmelin-Kraut, *Handbuch der anorg. Chemie*, 2, p. 54, 38, 308, 324.

grandes divergences subsistent à son sujet (¹). Nos recherches (²) ont fait voir que le principal gaz dégagé dans l'opération est le CO^2.

Berthelot a fait voir (³), et nos études l'ont confirmé (⁴), que le charbon pur ne réduit pas le sulfate entre 700° et 850°, dans une atmosphère de gaz inertes. La température de réduction commençante dépend de la pureté des corps en réaction. Nous l'avons prouvé en plaçant le mélange de sulfate et de charbon dans un vase en silice fondue fermé par un bouchon, avec un pyromètre pénétrant dans la masse. L'air est chassé tout d'abord par un courant d'azote, puis l'appareil est chauffé dans un four électrique. Le début de la réaction est caractérisé par un dégagement plus abondant de gaz et l'apparition d'un trouble dans l'eau de baryte.

Voici les résultats obtenus. Avec le charbon de sucre pur, la réaction commence à 800°; avec le charbon de pin, à 750; avec le graphite Acheson pur, à 880° et enfin avec le noir de fumée du gaz, entre 750° et 800°. Une fois amorcée, la réaction s'accélère rapidement; la formation de Na^2S produit un abaissement de la température de fusion du sulfate et provoque ainsi une autocatalyse.

La réaction est beaucoup plus rapide qu'on ne l'admet habituellement. Le dégagement gazeux s'arrête complètement au bout de 10 minutes. Avec un excès convenable de charbon, 1 partie pour 3 de sulfate, la réduction à 850° est terminée au bout de 2 à 3 minutes avec un rendement en Na^2S de 95 pour 100 (⁵). A 1000°, pour un rapport du sulfate au charbon de 3 à 1, on obtient un rendement de 88,6 en 40 secondes. Cela conduit à remplacer dans la fabrication industrielle l'emploi des fours à sole ou rotatifs par des brûleurs à charbon pulvérisé dans lesquels on injecte de la poudre de sulfate.

(¹) P. Boudnikoff, *Zeitschr. f. anorg. Chemie*, **46**, 1926, p. 398; *Chem. Ztg*, 1927, p. 821, 841 et 862; Abegg, *Handbuch der anorg. Chemie*, **2**, 1926, p. 270; Lunge, *Sodaindustrie*, **2**, 1900, p. 436.

(²) P. Boudnikoff et A. Sisoieff, *Zeitschr. f. anorg. und allgem. Chemie*, **170**, III, 1928, p. 15, et *Revue ukrainienne de Chimie*, **111**, 1928, II, p. 113.

(³) *Comptes rendus*, **90**, 1890, p. 1106.

(⁴) P. Boudnikoff, *Zeitschr. f. angew. Chemie*, **46**, 1926, p. 398, et *Travaux du troisième Congrès des techniciens de l'industrie chimique de Soviets*, 1926, p. 23.

(⁵) Au sujet du dosage du sulfure de sodium, voir P. Boudnikofe, *Ztschr. f. analyt. Chemie*, **67**, 1925, p. 245; P. Boudnikoff et Krause, *Ztschr. f. anorg. und allgem. Chemie*, **122**, 1922, p. 171.

En élevant la température et prolongeant la durée de la cuisson, on fait tomber les rendements en sulfure de sodium, une partie du soufre se dégageant à l'état de SO^2 (1). Nous en concluons que le sulfate peut réagir sur le sulfure (2). Rengade et Costeanu ont montré qu'à la température de ramollissement du verre le monosulfure se dédouble en bisulfure et métal. Le bisulfure réagirait à son tour sur le sulfate en mettant une nouvelle quantité de métal en liberté :

$$Na^2SO^4 + Na^2S^2 = 4\,Na + 2\,SO^2 + S.$$

L'oxyde de carbone peut dans certaines conditions réduire le sulfate en sulfure avec un dégagement de $33^{cal},9$ (3). Avec le gaz pur, la réaction n'est pas sensible au moins jusqu'à 850°, mais elle se produit en présence d'un catalyseur, charbon, nickel ou chlorure de nickel, dans des proportions comprises entre 0,01 et 0,1 pour 100 (4), le rendement cependant n'est que de 42 à 45 pour 100.

La réduction par l'hydrogène est endothermique et accompagnée d'une absorption de chaleur de $-5^{cal},5$. Le calcul effectué d'après la formule approximative de Nernst fait cependant voir que cette réaction est possible au point de vue thermodynamique, même à basse température, ce qui est dû à la faible constante chimique de l'hydrogène. Contrairement à ce qui a lieu avec l'oxyde de carbone, l'hydrogène réagit sur le sulfate à des températures relativement basses et en l'absence de catalyseurs. Le rendement en sulfure dans la masse fondue était après 45 minutes de chauffe de 44 pour 100 à 800°; de 68 pour 100 à 900°; de 60 pour 100 à 1000° et enfin de 52 pour 100 à 1100°. En présence de nickel, le rendement a été de 82 pour 100 à 800°; de 83 pour 100 à 900° et de 47 pour 100 à 1000°.

La réduction du sulfate de soude par l'hydrogène est accompagnée de dégagements d'hydrogène sulfuré et de vapeur de soufre, en même temps qu'il se forme de l'alcali libre dans le produit. Berthelot donne une explication assez compliquée de la formation de ces sous-produits (5). Il n'y a pas de doute cependant que la réaction s'accomplit en deux phases. En premier, la réaction normale : formation de monosulfure et d'eau, puis réaction de

---

(1) P. Boudnikoff et Shilow, *J. Soc. of Chem. Industry*, 47, XVI, 1928, p. 111.
(2) *Comptes rendus*, 156, 1913, p. 791.
(3) Calcul effectué avec les données des tables de Landolt-Börnstein, 1933.
(4) P. Boudnikoff et E. Shilow, *J. Soc. of Chem. Ind.* 47, XVI, 1928, p. 111.
(5) Calculé, partant de 58,3 cal comme chaleur de formation de H^2O.

la vapeur d'eau sur le monosulfure pour donner de l'hydrogène sulfuré :

$$Na^2SO^4 + 4H^2 = Na^2S + 4H^2O \quad \text{et} \quad Na^2S + 2H^2O = 2NaOH + H^2S.$$

L'hydrogène sulfuré apparaît ou non dans le gaz suivant la température, car il peut se décomposer en hydrogène et soufre.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Nitration de celluloses au maximum.* Note (1) de MM. A. Bouchonnet, M. Trombe et G. Petitpas, présentée par M. Georges Urbain.

Les cotons-poudres les plus employés dans la fabrication des explosifs correspondent aux composés suivants :

	Taux d'azote pour 100.	Volume de NO par gramme.
$C^{24}H^{29}O^9(ONO^2)^{11}$ ou CP_1	13,45	214cm³
$C^{24}H^{31}O^{11}(ONO^2)^9$ ou CP_2	12,75	203cm³

qui sont un mélange de trinitrate-dinitrate de cellulose.

Or la théorie admet un trinitrate :

	Taux d'azote pour 100.	Volume de NO par gramme.
$C^6H^7O^2(ONO^2)^3$ ou $C^{24}H^{28}O^8(ONO^2)^{12}$....	14,14	226cm³

Ce composé, à taux d'azote maximum (14,14), n'a pu être encore obtenu. On a bien préparé des nitrocelluloses à 13,8 et même 14 pour 100, mais ces produits sont généralement instables.

Nous avons cherché à obtenir, en même temps qu'un produit stable, le chiffre théorique 14,14 (soit 226cm³ de NO).

Cette préparation a fait, jusqu'alors, l'objet d'un certain nombre de travaux.

Hoitsema (2) et Lunge (3) mentionnent des nitrocelluloses, d'ailleurs instables, à 14 pour 100 et 13,88 pour 100 d'azote, soit 222cm³ de NO; Berl et Ruef (4), par addition à l'acide nitrique d'anhydride et d'acide acétiques, et Berl et Smith (5) par mélange d'acide nitrique et d'anhydride phosphorique, obtiennent des mélanges très nitrants (14 pour 100 d'azote, soit 224cm³ de NO).

---

(1) Séance du 26 juin 1933.
(2) *Z. Angew. Ch.*, 11, 1898, p. 173.
(3) *Z. Angew. Ch.*, 12, 1899, p. 441.
(4) *Ber. d. d. chem. Ges.*, 41, 1908, p. 1842.
(5) *Ber. d. d. chem. Ges.*, 63, 1930, p. 3212.

Enfin, Carl Trogus (¹) prépare une nitrocellulose qu'il a pu stabiliser (à 13,8 pour 100 d'azote, soit 220,8 de NO).

Nous avons étudié l'action du mélange acide nitrique pur à 99,9 pour 100 acide et anhydride acétiques (en proportions variables et avec des durées de nitrations différentes), sur des celluloses de différentes natures (linters, ramie, alfa).

Ces différentes celluloses sont « ouvertes », séchées à l'étuve à 90° et placées rapidement dans le récipient où a lieu la nitration.

La température du trempage est de 15°. En fin de nitration, le coton-poudre, essoré et plongé dans l'eau froide, est lavé jusqu'à neutralité des eaux de lavage. Il est ensuite stabilisé, soit par épuisement à l'alcool au Soxhlet. soit à l'eau à l'ébullition pendant 50 heures, sans interruption.

L'azote a été dosé par la méthode de Lunge, et, en outre, pour les CP à très haute teneur, par la méthode de Dewarda.

Nous avons d'abord effectué des nitrations de durée variable (que nous avons fait osciller de 2 à 6 heures) avec un bain de composition fixe (50 acide nitrique, 25 anhydride acétique, 25 acide acétique).

Nous avons ensuite fait varier la composition du bain en maintenant fixe la durée de la nitration, soit 5 heures (50 acide nitrique, 10 à 15 anhydride acétique, 25 à 40 acide acétique).

Les essais précédents nous ont permis de déterminer les conditions optima de nitration, soit :

Composition du bain de nitration :

NO^3H à 99,9 pour 100	50 pour 100
Acide acétique	25 pour 100
Anhydride acétique	25 pour 100

Durée de la nitration : 5 heures. Température : 15°.

Les stabilisations ont été faites parallèlement à l'eau et à l'alcool. On sait (²) que ces dernières conduisent à un taux d'azote plus élevé :

1° Les CP *stabilisés à l'eau* donnent :

a. Pour les linters, un taux d'azote atteignant 14,08 pour 100;

b. Pour la ramie, un taux d'azote atteignant 14,00 pour 100;

c. Pour l'alfa, un taux d'azote atteignant 13,1 pour 100.

(¹) *Ber. d. d. chem. Ges.*, 2, 1931, p. 205.

(²) Muraour, *Bull. Soc. chim.*, 51, 1932, p. 1089.

2° Les CP *stabilisés à l'alcool* donnent, pour les linters, des taux d'azote atteignant 14,14 pour 100.

C'est précisément le chiffre correspondant à la formule de la trinitrocellulose $C^6H^7O^2(NO^3)^3$.

La stabilité des produits obtenus satisfait aux épreuves réglementaires du Service des Poudres.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur des produits dits acides polyundécyléniques.* Note de M. A. **Barbot**, présentée par M. G. Urbain.

Le résidu spongieux de la distillation de l'huile de ricin est généralement considéré comme constitué d'acides polyundécyléniques. Cette opinion fut surtout accréditée par les travaux de Krafft et Brunner ([1]) qui lui attribuent une structure de polylactides, et par ceux de Thoms et Fendler ([2]) qui en font l'anhydride d'un acide triundécylénique.

Il n'est cependant pas possible de régénérer de ce produit de condensation plus de 10 à 12 pour 100 de son poids d'acide undécylénique, et, d'autre part, la quantité de cet acide que l'on obtient au cours de la pyrolyse de l'huile est toujours inférieure à celle qui correspond à la quantité d'œnanthol formé.

Dans le but de connaître le sort de cet acide undécylénique, le bilan de la pyrolyse a été dressé; les différents produits volatils formés ont été dénombrés et caractérisés, et le résidu spongieux dédoublé en produits simples.

La saponification, l'hydrolyse, le traitement par l'acide sulfurique concentré, l'alcoolyse, permettent ce dédoublement. On a fait usage de l'éthanolyse qui donne les meilleurs résultats.

La substance spongieuse privée de ses impuretés solubles par épuisement au Soxhlet, à l'aide d'alcool ou de benzène, fut alcoolysée. Des produits de l'alcoolyse on a extrait de la glycérine monomère (8 pour 100 du poids de la matière première) et des éthers éthyliques.

La distillation des éthers éthyliques, sous 1 à 2^{mm} de pression conduit à des fractions de point d'ébullition assez constant, qui, pour la plupart, ne sont pas des corps purs. Parmi les fractions ainsi obtenues, six ont un point d'ébullition fixe, et les produits suivants y ont été caractérisés :

([1]) *Ber. d. chem. Gesells.*, 17, 1884, p. 2985, et 19, 1886, p. 2224.

([2]) Thoms et Fendler, *Arch. der Pharm.*, 239, 1901, p. 1.

Heptylate d'éthyle (Eb. 185°-190° sous 760mm) : 0,4 pour 100 du poids du résidu spongieux.

Pélargonate d'éthyle [Eb. 215°-219° (760mm)] : 0,5 pour 100.

Undécylénate d'éthyle [Eb. 107°-108° (1mm)] : 11,13 pour 100.

Palmitate d'éthyle [Eb. 157° (1mm)] : 2,4 pour 100.

Une fraction de point d'ébullition 177°-178° (1mm) : 7,7 pour 100 constituée par un mélange de : éther oléique, 85 pour 100; éther stéarique de P. F. 34° environ 10 pour 100 et de l'éther d'un acide de P. F. 85°-86° non identifié. Une fraction de Eb. 204°-206 (1mm) : 2,4 pour 100 constituée en partie d'éther ricinoléique.

Le résidu (75 pour 100) indistillable sans décomposition, même sous vide très poussé, de poids moléculaire voisin de 700, semble être l'éther d'un acide bibasique.

Pour savoir par quel processus ce dernier produit prend naissance; le même travail analytique fut entrepris sur le résidu de la distillation arrêtée avant la formation de la masse spongieuse.

Le fractionnement des éthers éthyliques donna les résultats suivants :

Éthers heptylique, pélargonique, palmitique, stéarique.

Éther undécylénique [Eb. 107°-108 (1mm) : 30 pour 100 du poids du résidu.

Éthers oléique et linoléique [Eb. 178°-180° (2mm)] : 12 pour 100 contenant environ 50 pour 100 de linoléique.

Éther ricinoléique [Eb. 196°-199° (2mm)] : 16 pour 100.

Éther résiduel non distillable : 27 pour 100.

Ces proportions sont variables suivant le moment auquel on interrompt la pyrolyse.

On observe donc que la prise en masse, à la fin de la distillation se fait avec disparition totale des éthers linoléiques et ricinoléiques, et apparition du résidu indistillable. Ce phénomène est précédé de très près d'une abondante élimination d'eau. Il est donc nécessaire d'admettre que cet éther indistillable provient de la condensation de l'éther linoléique sur lui-même ou sur les autres acides éthyléniques qui l'accompagnent. Cette condensation pourrait se faire, soit suivant la réaction de Diels, conduisant à un diéther hydrocylique à cycle hexatomique, soit suivant l'hypothèse de Fokin (¹) à un diéther dérivé du cyclooctadiène.

En résumé, le résidu de la distillation pyrogénée de l'huile de ricin n'est ni un polylactide oxyundécanique, ni un anhydride triundécylénique, mais un glycéride complexe des acides préexistant dans l'huile aux côtés de l'acide ricinoléique, et des acides formés par la condensation des acides

(¹) *Centr. Blatt*, 1, 1905, p. 935.

linoléiques auxquels la déshydratation de l'acide ricinoléique donne naissance.

La description du travail expérimental, les constantes et données analytiques seront publiées dans un autre Recueil.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur des chlorhydrates et perchlorates d'acide p-aminophénylarsinique.* Note de M. **J. Prat**, présentée par M. G. Urbain.

Nous avons montré ([1]) que les acides monoarylarsiniques $R.AsO^3H^2$ sont amphotères et, comme tels, susceptibles de donner des combinaisons isolables avec les acides minéraux. L'acide anilarsinique, en tant qu'acide aminé, possède en outre une basicité relative au groupement NH^2. Nous avons pu fixer sur cet acide 2^{mol} d'acide chlorhydrique et, de ce fait, mettre en évidence d'une manière indiscutable la coexistence de ces deux fonctions. Le dichlorure obtenu, qui peut se formuler $Cl[H^3N.C^6H^4.As(OH)^3]Cl$, contient un chlore lié à l'arsonium et un Cl lié à l'ammonium. Ce corps cristallise avec 1^{mol} d'eau.

Un monochlorure a déjà été préparé par Erlich et Bertheim (*Ber.*, 40, 1907, p. 3295) qui le considéraient comme un chlorhydrate de la fonction amine $ClH^3N.C^6H^4.AsO^3H^2$. Nous avons préparé le monochlorure à partir du dichlorure et montré que, dans ce cas tout au moins, on obtient un chlorure d'arsonium $[H^2N.C^6H^4.As(OH)^3]Cl$ et non pas un chlorhydrate d'amine.

Dans ce but nous avons comparé les deux chlorures suivants : Dichlorure d'acide arsanilique $Cl[H^3N.C^6H^4.As(OH)^3]Cl$, et chlorure d'acide *p*-acétylaminophénylarsinique $[CH^3CONH.C^6H^4.As(OH)^3]Cl$. Le premier différant du second par un Cl fixé à l'azote, ce qui n'est plus possible dans le deuxième car le groupement amino est acétylé. Chez ce dernier le Cl est lié à As.

Ces deux chlorures placés dans un tube parcouru par de l'air sec et porté à 100° se comportent différemment. Le dichlorure subit rapidement une perte de poids correspondant exactement à la perte de $1^{mol}HCl + 1^{mol}$ d'eau. A la sortie de l'appareil l'air barbote dans une solution de nitrate d'argent ce qui permet un dosage gravimétrique de ClH libéré. Le chlorure de *p*-acétylaminophényltrihydroxyarsonium, au contraire, ne subit que

([1]) *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 489.

très lentement une faible perte de poids. C'est donc que le Cl lié à As, seul Cl existant dans ce dernier corps, n'est pas enlevé dans ces conditions. On peut donc en conclure que le Cl perdu par le dichlorure est le Cl lié à l'azote, et que le monochlorure restant est un chlorure d'arsonium que l'on peut formuler $[H^2N.C^6H^4.As(OH)^3]Cl$.

Le groupement $-AsO^3H^2$ apparaît donc comme plus apte à s'unir aux acides minéraux que le groupe NH^2 lorsqu'ils coexistent dans la même molécule. L'étude des perchlorates de l'acide arsanilique semble confirmer ce fait. Alors que le groupement $-AsO^3H^2$ permet l'addition de ClO^4H à certains acides arsiniques (acide naphtylarsinique, par exemple, dont nous avons préparé un perchlorate), l'introduction d'un groupe NH^2 ne permet pas la fixation d'une deuxième molécule ClO^4H comme c'est le cas pour HCl.

Le perchlorate de *p*-aminophényltrihydroxyarsonium

$$[H^2N.C^6H^4.As(OH)^3]ClO^4 \quad \text{ou} \quad H^2N.C^6H^4.AsO^3H^2.ClO^4H$$

donne par hydrolyse avec l'acide perchlorique étendu un second perchlorate de composition $2H^2N.C^6H^4.AsO^3H^2, ClO^4H$. L'analogie est frappante avec les chlorures (Grignard et Rivat, *Comptes rendus*, 169, 1919, p. 126), et les nitrates (Kappelmeier, *Rec. Tr. Ch. Pays-Bas*, 1930, p. 57) de l'acide diphénylarsinique dont les compositions sont

$$(C^6H^5)^2AsO^2H.HX \quad \text{et} \quad 2(C^6H^5)^2AsO^2H.HX;$$

elle confirme notre hypothèse.

Dichlorure d'acide arsanilique. — 10^g d'acide arsanilique sont dissous au bain-marie dans 40^{cm^3} d'acide chlorhydrique concentré (12N). On fait recristalliser, essore sur filtre en pâte de verre, sèche au papier filtre, puis au dessiccateur à vide sur P^2O^5 et chaux sodée.

Analyse : Titrage à la soude N/10 avec le pourpre de bromocrésol comme indicateur, ce qui permet de titrer les deux molécules HCl et une acidité de l'acide arsanilique.

3,01 acidités trouvées pour 3 acidités par molécule.

Acide chlorhydrique : trouvé, 23,4 pour 100; calculé, 23,7 pour

$$Cl[H^3N.C^6H^4.As(OH)^3]Cl, H^2O.$$

Perte de poids dans courant d'air sec à 100° : pour $686^{mg},8$ de produit : trouvé, $122^{mg},8$; calculé, $121^{mg},5$ pour $HCl + H^2O$.

AgCl précipité : 317,5, soit $80^{mg},8$ HCl; calculé, $81^{mg},3$.

Perchlorates de p-aminophényltrihydroxyarsonium. — 5^g d'acide arsanilique

sont dissous au bain-marie dans 10g de ClO^4H concentré (60 pour 100). On fait cristalliser à la glacière, filtre, essore, sèche sur papier filtre, puis au dessiccateur à vide. On obtient ainsi le perchlorate $[H^2N.C^6H^4.As(OH)^3]ClO^4$.

Si l'on hydrolyse les cristaux encore humides avec ClO^4H très dilué, on obtient un perchlorate de composition $2H^2N.C^6H^4.AsO^3H^2$, ClO^4H. Ce dernier perchlorate, au contact de l'eau, s'hydrolyse complètement en redonnant l'acide anilarsinique initial.

Analyse : $[H^2N.C^6H^4.As(OH)^3]ClO^4$. Titrage à la soude N/10 en présence de pourpre de bromocrésol. Trouvé 2 acidités pour 2 acidités par molécule. As trouvé, 23,5 pour 100; calculé, 23,7 pour 100.

$2H^2N.C^6H^4.AsO^3H^2$, ClO^4H : titrage à la soude N/10; indicateur, pourpre de bromocrésol : trouvé, 3,02 acidités pour 3 par molécule.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèse de la diméthyline biprimaire d'une pentite linéaire.* Note de MM. **Lespieau** et **Wiemann**, présentée par M. Matignon.

L'un de nous (¹) a décrit la diméthyline biprimaire de la glycérine acétylénique

$$CH^2OH.CHOH.C \equiv C.CH^2OH.$$

Il a depuis fixé sur celle-ci 2 atomes d'hydrogène, en utilisant le palladium de Bourguel comme catalyseur.

25g de cette diméthyline ont été dissous dans un demi-litre d'eau, on a ajouté 0g,03 de palladium colloïdal, puis agité dans 1 atmosphère d'hydrogène. On a noté à quelques reprises la quantité d'hydrogène fixée, et la vitesse d'hydrogénation à l'époque de l'observation. Voici les valeurs trouvées :

Volume absorbé.	Vitesse.	Volume absorbé.	Vitesse.
cm³ 3650	3000	cm³ 4080	1800
3965	3150	4110	1200
4050	2550	4130	1200

Il y a comme on voit une chute brusque de vitesse quand on a absorbé environ 4100^{cm^3}. La théorie voudrait que, pour la quantité de matière employée et arrêt au composé éthylénique, il y ait 3888^{cm^3} d'hydrogène fixés, mais on sait que dans toutes les hydrogénations de ce genre on est obligé d'employer une quantité d'hydrogène un peu trop forte; soit parce

(¹) Lespieau, *Bull. Soc. ch.*, 43, 1928, p. 662.

que le palladium en conserve, soit pour toute autre raison. On a donc arrêté l'opération et distillé, ce qui a permis d'isoler la diméthyline

$$CH^3OCH^2.CHOH.CH=CH.CH^2OCH^3.$$

liquide bouillant à 107° sous 14^mm^, et à 83°,75 sous 2,7 à 3^mm^. Ce corps a à 17° pour densité 1,020 et pour indice D 1,4154, ce qui lui assigne une réfraction moléculaire 38,57, la théorie voulant 38,87. Vu le mode d'obtention de ce corps, il s'agit d'un composé cis.

Nous avons cherché à passer de ce corps à la diméthyline d'une pentite, et nous y sommes arrivés de la façon suivante :

50^g^ du corps éthylénique ont été additionnés de 700^g^ d'eau, de 22^g^ de chlorate d'argent, et de 0^g^,5 d'acide osmique. Le mélange laisse déposer peu à peu du chlorure d'argent. Quand cette précipitation s'arrête on enlève l'acide osmique par épuisement au benzène. Ensuite on concentre le liquide aqueux, et reprend à l'alcool le sirop obtenu. La solution alcoolique est distillée, ce qui permet d'en isoler la diméthyline

$$CH^3OCH^2.CHOH.CHOH.CHOH.CH^2OCH^3,$$

liquide passant à 129-131° sous 0^mm^,34. On y a trouvé par analyse carbone 46,83 et hydrogène 8,84 pour 100. Il avait pour densité 1,205 et pour indice D 1,470 à 19°. Cela implique une réfraction moléculaire 41,85, la théorie voulant 42,38.

La structure spatiale n'a pas été déterminée.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Propriétés des 5-chloro, 5-bromo, 5-iodosalicyl-d-glucosides* β. Note de M. **P. Delauney**, présentée par M. M. Delépine

Les conditions de la synthèse biochimique des 5-chloro, 5-bromo, 5-iodosalicyl-*d*-glucosides β ont été données antérieurement ([1]). La présente Note a pour but d'indiquer les principales propriétés de ces trois *d*-glucosides.

5-Chlorosalicyl-*d*-glucoside β. — *Solubilité :* dans l'eau, à la température ordinaire, 1 pour 10; dans l'acétate d'éthyle anhydre, environ 3 p. 100 à l'ébullition et 0,50 pour 100 à froid. P. F. au bloc Maquenne +158° (produit anhydre). *Eau de cristallisation :* 0^g^,9804 de glucoside cristallisé

([1]) *Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 990; **185**, 1927, p. 1530; **191**, 1930, p. 57.

dans l'acétate d'éthyle et séché à l'air, maintenus plusieurs jours dans le vide sulfurique, puis deux heures à l'étuve à + 100-105°, ont perdu 0g,055, soit 17,98 d'eau pour une molécule de glucoside anhydre (320,5). La formule du corps cristallisé peut donc s'écrire :

$$C^6H^3(CH^2O - C^6H^{11}O^5)_1(OH)_2(Cl)_3 + OH^2 = 338,5.$$

Pouvoir rotatoire : $[\alpha]_D = -42°,05$ ($p = 0^g,6539$; $v = 50^{cm^3}$; $l = 2$; $\alpha = -1°6'$). *Pouvoir réducteur* : 0g,1307 de glucoside cristallisé ont réduit la liqueur cupro-potassique comme 0g,0160 de glucose. 100g réduiraient comme 12g,25 de glucose.

Hydrolyse par l'acide sulfurique dilué : 20cm³ de solution contenant 1g,3078 de glucoside cristallisé et 2g,5 d'acide sulfurique pour 100cm³ ont été chauffés au bain-marie bouillant pendant 5 heures 30 minutes. La déviation est passée de — 1°6' à + 44' ($l = 2$) et il s'est formé 0g,705 de glucose pour 100cm³ (Théorie + 43' et 0g,695).

Hydrolyse par l'émulsine : 20cm³ de solution de glucoside à 1g,3078 pour 100cm³ ont été additionnés de 0g,10 d'émulsine. La déviation est passée, en 14 jours, de — 1°6' à + 42' (compte tenu de la déviation lévogyre due à l'émulsine) et il s'est formé 0g,692 de sucre réducteur pour 100cm³.

5-Bromosalicyl-*d*-glucoside β. — *Solubilité* : dans l'eau, à froid, 5 pour 100; dans l'acétate d'éthyle anhydre, environ 2 pour 100 à l'ébullition et 0,20 pour 100 à froid. P. F. : au bloc Maquenne + 165° (produit anhydre). *Eau de cristallisation* : 0g,9654 de glucoside séché à l'air ont perdu, tant dans le vide sulfurique qu'à + 100-105°, 0g,0469, soit 17,73 d'eau pour 1mol de glucoside anhydre (365). Sa formule peut donc s'écrire

$$C^6H^3(CH^2O - C^6H^{11}O^5)_1(OH)_2(Br)_3 + OH^2 = 383.$$

Pouvoir rotatoire : $[\alpha]_D = -39°,21$ ($p = 0^g,5313$; $v = 50^{cm^3}$; $l = 2$; $\alpha = -50'$). *Pouvoir réducteur* : 1g,0626 de glucoside ont réduit comme 0g,123 de glucose. 100g réduiraient comme 11g,57 de glucose. *Hydrolyse par l'acide sulfurique dilué* : 20cm³ de solution renfermant 1g,0626 de glucoside cristallisé et 2g,5 d'acide sulfurique pour 100cm³ ont été chauffés deux heures à l'autoclave à + 100-105°. La déviation est passée de — 50' à + 32' ($l = 2$) et il s'est formé 0g,510 de glucose pour 100cm³ (théorie + 33' et 0g,499). *Hydrolyse par l'émulsine* : 20cm³ de solution glucosidique à 1,0626 pour 100cm³ ont été additionnés de 0g,10 d'émulsine. La déviation est

passée, en 10 jours, de $-50'$ à $+30'$ et il s'est formé $0^g,501$ de glucose pour 100^{cm^3}.

5-Iodosalicyl-*d*-glucoside β. — *Solubilité :* dans l'eau à $+16$-$18°$, 1,50 pour 100. P. F. : au bloc Maquenne $+172°$ (produit anhydre).

Eau de cristallisation : $0^g,9973$ du corps cristallisé ont perdu dans le vide, puis à $+110°$, $0^g,0427$, soit 17,64 d'eau pour une molécule de glucoside anhydre (412). Sa formule peut donc s'écrire :

$$C^6H^3(CH^2O - C^6H^{11}O^5)_1(OH)_2(I)_5 + OH^2 = 430.$$

Pouvoir rotatoire : $[\alpha]_D = -36°,71$ ($p = 0^g522$; $v = 50^{cm^3}$; $l = 2$; $\alpha = -46'$).
Pouvoir réducteur : $0^g,1044$ de glucoside ont réduit comme $0^g,0192$ de glucose. 100^g réduiraient comme 18^g43 de glucose.

Hydrolyse par l'acide sulfurique dilué : 20^{cm^3} de solution contenant $1^g,044$ de glucoside cristallisé et $2^g,5$ d'acide sulfurique pour 100^{cm^3} ont été chauffés pendant quatre heures au bain-marie bouillant. La déviation est passée de $-46'$ à $+28'$ ($l = 2$) et il s'est formé $0^g,498$ de produits réducteurs exprimés en glucose pour 100^{cm^3} (Théorie $+27'$ et $0^g,427$).

Hydrolyse par l'émulsine : 20^{cm^3} de solution glucosidique à $1^g,044$ pour 100^{cm^3} ont été additionnés de $0^g,10$ d'émulsine. La déviation est passée, en dix jours, à $+26'$ et il s'est formé $0^g,446$ de produits réducteurs exprimés en glucose pour 100^{cm^3}.

MINÉRALOGIE — *Sur l'hémihydrate de sulfate de calcium et ses produits de déshydratation.* Note de M. **Paul Gaubert**.

On sait que l'hémihydrate de sulfate de calcium ($CaSO^4.0,5H^2O$) peut être obtenu par déshydratation incomplète du gypse (Le Chatelier) et par voie humide (Johnston, Hoppe-Seyler, van't Hoff, etc.). Préparé par ce dernier procédé, il se présente en prismes à 6 faces s'éteignant suivant leur longueur et à allongement optique positif.

D'après Brooke, ces cristaux sont orthorhombiques et probablement hexagonaux suivant R. Grengg, G. Linck et Young, etc. Les cristaux obtenus par déshydratation du gypse possèdent cette dernière symétrie (A. Lacroix, C. Gaudefroy).

A l'occasion d'une étude sur les modifications du faciès des cristaux, j'ai obtenu en évaporant, à la température d'ébullition, une solution de sulfate de calcium dans l'acide azotique, des cristaux hexagonaux très aplatis

suivant la base. Ils m'ont permis de faire quelques observations nouvelles établissant non seulement leur symétrie, mais aussi donnant quelques précisions sur les modifications du sulfate de calcium, transformations polymorphiques qui ont été découvertes par M. A. Lacroix en étudiant la déshydratation du gypse (1).

A. Les cristaux reposant sur la base du prisme sont souvent complètement éteints entre les nicols croisés et, examinés en lumière convergente, ils montrent les caractères d'un cristal uniaxe positif. Mais parfois la base montre en lumière parallèle une division en trois secteurs, comme s'il s'agissait du groupement de trois cristaux rhombiques associés par les faces $m(110)$. Dans ces secteurs, la croix noire se disloque légèrement et la trace du plan des axes optiques coïncide avec la grande diagonale du losange. Il ne s'agit pas d'une macle, mais bien d'anomalies optiques. En effet, la valeur de l'angle des axes varie d'un secteur à l'autre et se modifie et même s'annule avec le temps ou sous l'influence de légères variations de la température.

La symétrie de l'axe cristallographique du prisme hexagonal est donc ternaire et le cristal est par conséquent rhomboédrique. Cela est confirmé par le fait que sur les faces latérales du prisme se trouvent des stries obliques parallèles à l'intersection de ces dernières avec un rhomboèdre très aplati, rhomboèdre existant fréquemment sur les cristaux allongés.

J'ai trouvé pour la densité de l'hémihydrate (balance de Westphal) 2,735 et pour les indices de réfraction, $\omega = 1,558 \pm 0,003$; $\mathcal{E} = 1,586 \pm 0,003$, nombres assez voisins de ceux obtenus par G. Linck et Yung. Ces constantes sont donc plus élevées que celles du demi-hydrate provenant du gypse ($D = 2,55$; $n_g = 1,57$; $n_p \leqq 1,55$. C. Gaudefroy).

B. Les cristaux aplatis suivant la base, chauffés sur la platine du microscope, ce qui permet de suivre toutes les transformations, montrent les phénomènes suivants. A partir de 130° (2), ils se déshydratent en donnant l'anhydrite soluble de van't Hoff (forme γ), corps qui a la même orientation optique que le semi-hydrate, mais qui est moins réfringent et plus biréfringent que ce dernier (C. Gaudefroy). J'ai obtenu pour la densité et

(1) A. Lacroix, *Comptes rendus*, 126, 1898, p. 360 et 553, et *Min. de la France*, 4, 1910, p. 169; C. Gaudefroy, *Bull. Soc. fr. de Min.*, 42, 1919, p. 286.

(2) Chauffé dans l'huile de vaseline, l'hémihydrate est beaucoup plus stable que dans l'air, il ne perd pas son eau au-dessous de 170° et chauffé rapidement, il peut même passer à la deuxième forme rhombique anhydre (β) vers 200°.

les indices de réfraction de l'anhydride soluble : $D = 2,61$; $\omega = 1,505$; $\mathcal{E} = 1,548$. Ces constantes peuvent varier légèrement, la substance se contractant avec le temps. La densité est par conséquent plus élevée que celle mesurée sur le produit provenant de la déshydratation du gypse, ce qui est probablement dû à l'état d'agrégation de la substance.

A partir de 170° et même un peu plus bas, il se produit sur les faces hexagonales trois séries de bandes biréfringentes très fines, à contour très net, plus réfringentes que l'anhydride soluble, rigoureusement parallèles aux côtés de l'hexagone. Leur nombre va en augmentant avec le temps et plus rapidement par élévation de la température. Vers 200° il ne reste plus d'anhydride soluble. Parfois la réunion de ces lamelles de même orientation fournit des plages suffisamment étendues pour montrer qu'elles sont perpendiculaires à une bissectrice aiguë positive. Le plan des axes optiques, dont l'angle 2E paraît voisin de 50°, est perpendiculaire à une des faces du prisme hexagonal, par conséquent transversal à la direction d'allongement des lames.

Les faces latérales du prisme montrent des stries profondes, dont la formation est provoquée par celle des lamelles. L'extinction est longitudinale et l'allongement optique des cristaux prismatiques est positif.

Cette deuxième forme anhydre (que je désigne β), orientée sur le cristal primitif paraît être orthorhombique. Ce n'est certainement pas de l'anhydrite (forme α) puisque ses indices de réfraction et sa densité sont plus faibles que ceux de cette dernière. En effet, j'ai trouvé : D 2,85 ; n_g 1,595 ± 0,003 et n_p 1,562 ± 0,003.

Cette forme (β) ne se modifie pas, ou du moins très peu, jusqu'à 550°, mais au rouge ses indices de réfraction correspondent à ceux de l'anhydrite α. L'analyse thermique faite par M[lle] Caillère indique une transformation vers 650°. Les lamelles de la forme β transformées en anhydrite sont en apparence restées les mêmes ; leur orientation optique n'est pas modifiée, mais elles sont légèrement troubles.

Cette forme paraît être identique à la modification à laquelle M. A. Lacroix a attribué une symétrie probablement triclinique et qui ne se transforme en anhydrite qu'à la température du rouge. Il me semble que les différents aspects sous lesquels la même modification se présente sont dus au milieu dans lequel les cristaux se forment. L'action des cristaux de gypse est beaucoup plus compliquée que celle des cristaux d'hémihydrate, non seulement à cause de leur symétrie, de leurs clivages, mais aussi à cause de leur faible densité par rapport à celle des produits qui en

dérivent. Ce qui complique encore la forme des cristaux, c'est que le gypse peut passer directement à la forme β comme aussi l'hémihydrate.

Il résulte de ce qui précède que l'hémihydrate du sulfate de calcium préparé par voie humide est rhomboédrique ; qu'en se déshydratant il donne les trois formes anhydres obtenues autrefois par M. A. Lacroix par déshydratation du gypse.

PÉTROGRAPHIE. — *Émeris de Grèce et bauxites.* Note de M. **Jacques de Lapparent**, présentée par M. L. Cayeux.

On a dit bien des fois que les émeris du type de ceux qu'on exploite dans l'archipel grec (Naxos) étaient d'anciennes bauxites. Cette opinion, soutenue en France par M. L. de Launay (¹), en Allemagne par divers auteurs, et particulièrement par Kraemer (*Kleinasiatische Smirgelvorkomnisse*, 1907), fut combattue, dans un article largement documenté, par un géologue grec, M. S. A. Papavasiliou (²). L'examen d'une série d'échantillons de roches de la famille des émeris, dont j'ai eu récemment la communication, me permet d'apporter des arguments en faveur de la thèse du rapprochement des émeris et des bauxites.

Les roches dont je veux parler se trouvent à Samos dans le même complexe marmoréen qui contient, d'autre part, à Naxos les émeris. Elles sont schisteuses. Un examen attentif, soit à la loupe, soit au microscope, met en évidence que leur texture est pisolitique.

Les pisolites sont déformés et se présentent comme de petites amandes de tailles diverses. Ils sont essentiellement constitués par un amas de cristaux de diaspore. On reconnaît dans chaque cristal de diaspore les éléments caractéristiques de la poussière réfringente des bauxites, rutile et anatase, qui sont de mêmes dimensions et qui présentent la même densité de répartition que dans les bauxites. On voit dans un échantillon quelconque des pisolites peu ferriques et d'autres qui le sont davantage, certains pisolites montrant des zones plus et moins ferriques.

Les pisolites sont donc essentiellement alumineux. Le ciment qui les unit, où l'on revoit la poussière réfringente, est plus siliceux, étant constitué

(¹) *Traité de Métallogénie.* Paris, 2, 1912, p. 245.
(²) *Zeits. Deuts. Geolog. Gesellchaft*, 65, 1913.

par un agrégat qui associe principalement le chloritoïde au diaspore : cas semblable à celui de bien des bauxites où les choses sont ainsi faites que les pisolites étant de caractère alumineux, le ciment présente un caractère plus siliceux. Enfin l'on voit aussi par places du rutile en morceaux plus gros que les cristaux de la poussière mais accusant alors les formes extérieures d'un minéral clastique.

Tout s'accorde donc pour inciter à concevoir que les roches en question sont d'anciennes bauxites ; mais évidemment des bauxites métamorphiques. A la vérité le corindon leur manque ou ne s'y voit que rarement ; cependant on trouve, en particulier à Naxos, des émeris typiques, essentiellement faits quant à eux de corindon et qui marquent le passage aux roches à diaspore.

On peut effectivement observer que, dans ces émeris, les cristaux de corindon, assez largement développés, tiennent en inclusion de petits paquets de la poussière à rutile et anatase répartis dans leur masse comme ils eussent été dans plusieurs cristaux contigus de diaspore. En outre la structure pisolitique est parfois elle-même conservée, et l'on voit que la substitution s'est faite de quelques cristaux de corindon à un amas de plus petits cristaux de diaspore. Chose remarquable, d'autre part, l'oxyde de fer de ces émeris, largement développé à l'état de magnétite parmi les autres minéraux, est resté sous sa forme originelle d'oligiste, en tous menus cristaux comme élément de la poussière réfringente ainsi qu'il en est pour de multiples bauxites.

Disons enfin que les raisons qui pourraient faire douter de la légitimité d'identifier l'origine première des émeris et des bauxites sont basées sur certains faits exceptionnels relatifs au gisement; faits qui, d'après ce que j'en puis actuellement juger, mettent en évidence des singularités semblables à celles que l'on voit dans certains des gisements des bauxites de Provence.

Les émeris de l'Archipel grec et les roches qui s'y rattachent seraient donc bien d'anciennes bauxites sur lesquelles, de toute évidence, des actions métamorphiques puissantes se sont fait sentir et en ont, en bien des cas, oblitéré la structure originelle.

Il n'est certes pas question d'en rapprocher l'âge de celui des bauxites crétacées des mêmes régions dont j'ai dit récemment qu'elles étaient, elles aussi, *à diaspore* (¹). Dans l'état actuel de la science on doit les considérer comme paléozoïques, et peut-être comme cambriennes. S'il en est ainsi ce serait les vestiges des plus vieilles bauxites connues, et celles-ci se seraient

(¹) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 187.

formées dans un domaine méditerranéen tropical cependant que dans les régions nordiques, là où la mer glaciale vient maintenant baigner les côtes du Varanger, des « tillites », formations glaciaires, se déposaient.

GÉOLOGIE. — *Sur l'allure de l'ensemble Lias-Jurassique et de son substratum triasique aux environs de Méounes et de Garéoult (Var).* Note de M. **Antonin Lanquine**, présentée par M. Charles Jacob.

J'ai mis en évidence (¹) les phénomènes de décollement qui affectent, à des niveaux variés, *au-dessus du Trias*, la bordure occidentale du massif jurassique entre Belgentier et Néoules (Var). Ainsi j'ai été amené à signaler que le Trias de la dépression de Méounes s'enfonçait partout, le long de cette bordure, sous le Rhétien.

Entre Méounes et Néoules, il est intéressant de constater, du point de vue stratigraphique, que le Trias moyen et supérieur est régulièrement surmonté par le Lias inférieur. Au delà de Néoules, la colline qui forme saillie dans la grande plaine alluviale de Garéoult, au Nord immédiat de la Bataillère, montre la même succession sur son bord septentrional. Mais il y a une évidente dysharmonie entre la tectonique du Trias et celle des couches liasiques qui le recouvrent. On sait que les calcaires et marnes du Muschelkalk, en particulier, sont extrêmement plissés, en bancs fréquemment verticaux ou très redressés. J'en ai levé, au 1/10000ᵉ, tous les affleurements entre Méounes, Néoules, La Roquebrussane et l'allure étonnamment froissée de ce terrain y est, une fois de plus, la note dominante.

Quant à l'allure tranquille du Jurassique « en grands plateaux où les couches sont en général presque horizontales » (²), il convient d'apporter quelques correctifs à cette manière de voir, surtout pour la base de la série. Entre la Poulaque, au Nord de Méounes, et l'Est de Néoules, par exemple, si l'on suit les bandes liasiques, les pendages observés, d'abord E, puis ESE, puis SE, puis S, sont souvent très accentués, ce qui indique un relèvement marqué au contact du substratum triasique. Au voisinage de Néoules même, l'examen du flanc nord de la butte cotée 332,1 m'a révélé la présence de quelques bancs très redressés de Lias à silex plongeant nettement au Sud-Est sous l'Hettangien de la colline 359,2. Accident local,

---

(¹) *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 792-794.

(²) Émile Haug, *Comptes rendus*, **153**, 1911, p. 1186-1188.

mais qui confirme l'existence d'imbrications à la base du massif. Au Sud de Néoules, d'ailleurs, une rupture transversale, de direction NW-SE, intéresse les couches plus élevées et amène, en chevauchement momentané, les calcaires marneux bathoniens sur les dolomies néojurassiques. Ce ne sont pas des accidents aigus, comme c'est le cas pour le Trias moyen, mais le Lias et le Jurassique ont participé au mouvement d'ensemble avec un style différent.

Quelle est l'allure du Trias à l'Ouest de Méounes et de la grande plaine de Garéoult? Très fortement plissé entre le bord méridional du massif jurassique d'Agnis-Vigne-Groussière et le Gapeau, le Muschelkalk qui porte quelques témoins synclinaux de Keuper *s'enfonce* au Nord sous une bande de calcaires turoniens formant une petite falaise en haut des pentes raides qui dominent la route de Signes. Nulle part, le contact ne permet de penser qu'il y a recouvrement du Crétacé par le Trias. En plusieurs points même, le plongement du Trias sous les calcaires turoniens est très net, dans la montée au-dessus du cimetière de Méounes par exemple.

Si l'on suit maintenant la bande triasique sur tout le revers oriental du massif en question jusqu'aux abords de la Roquebrussane, on constate un enfoncement constant sous les dolomies et calcaires néojurassiques qui arrivent ici au contact sans interposition des termes inférieurs, Bathonien à Lias. Simple indice d'un décollement et d'un étirement de base plus accentués que sur la bordure du massif de Néoules. Ici, généralement, le Trias plonge vers l'Ouest, comme les dolomies qui viennent au-dessus, mais avec une plus grande inclinaison des couches. En quelques endroits du contact, des paquets broyés jalonnent la surface d'étirement.

Venons au bord septentrional de la bande triasique de Méounes et de Garéoult. Les contacts sont ici souvent masqués par le manteau étendu d'alluvions qui couvre la dépression et les formations de ruissellement qui s'y raccordent et viennent en grande partie des pentes sud du massif de la Loube. Il est possible cependant d'observer la base de ce massif entre la Roquebrussane et l'issue méridionale du vallon du Cendrier. Là encore, le bord triasique supporte le Lias inférieur. Le Keuper et le Rhétien sont très réduits, mais l'Hettangien apparaît, avec un plongement nord assez accentué sous une bande de Lias à silex qui présente quelques étirements locaux. Cette superposition peut être décelée jusqu'aux abords septentrionaux des deux lacs (Grand et Petit Lautiens) retenus par le Muschelkalk au voisinage de Garéoult. La dysharmonie est encore apparente : un Trias très froissé, le tour des lacs le montre, et un ensemble liasique et juras-

sique moins énergiquement plissé mais présentant à la base des réductions par décollement.

Quant à la terminaison sud-orientale de la bande triasique au Sud de Garéoult et de l'Issole et au Sud-Ouest de Rocbaron, elle est en grande partie dissimulée sous les formations quaternaires, mais rien ne permet de penser que les contacts du Lias et du Jurassique qui surmontent le Trias y prennent une allure différente. Au Sud du Pont des Lissières, en effet, la petite butte cotée 322,6 montre un Lias à silex plongeant au Sud-Est sous le Bajocien avec une mince bande d'Hettangien à la base. La dépression se ferme d'ailleurs et je n'ai jamais, malgré bien des recherches, remarqué la présence de la petite ellipse de Trias moyen indiquée par Marcel Bertrand sur la première édition de la Carte géologique de Toulon au 1/80 000e.

Des faits que je viens d'exposer, il résulte qu'il ne saurait être question d'envisager la bande déprimée de Méounes-Garéoult comme une « fenêtre » où l'érosion mettrait à nu une nappe triasique sous une nappe jurassique tranquille. Il s'agit du substratum normal des massifs liasiques et jurassiques qui entourent et dominent la plaine de Méounes, Sud de la Roquebrussane, Garéoult, Néoules. L'ensemble présente des accidents dysharmoniques. Le Trias moyen qui en constitue la base est extrêmement plissé. On sait que ses contacts inférieurs, au Sud et à l'Est de la région en question, montrent des décollements fréquents au-dessus du Permien. La succession liasique et jurassique qui recouvre le Trias est dépourvue de plissements aigus; elle est affectée, généralement vers sa base, d'étirements locaux, voire d'imbrications, dus aux mêmes phénomènes de décollement.

PHYSIQUE COSMIQUE. — *Mesures de la radiation cosmique à l'aide d'un nouveau genre de tube-compteur.* Note (1) de M. **L. Tuwim**, présentée par M. Jean Perrin.

I. *Mesures.* — Nous avons dans une Note précédente (2) donné des résultats préliminaires, obtenus avec un tube-compteur fonctionnant sous quelques dixièmes de millimètre de mercure. Ce compteur était très instable, mais on peut éliminer cette instabilité en couvrant la surface intérieure du tube avec une couche de vernis, sèche, très épaisse ($0^{mm},05$), lisse et collant au métal sur toute son étendue. Avec ce tube-compteur, de

---

(1) Séance du 26 juin 1933.

(2) L. Tuwim, *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 950.

rayon intérieur 2^{cm}, de longueur active 12^{cm}, dont l'axe était horizontal, nous avons compté sans difficulté 3600 chocs au total et obtenu les valeurs suivantes pour le nombre N de chocs par centimètre cube et par seconde, réduit à la pression de 760^{mm} de mercure, effet zéro inclus. Chaque valeur est obtenue avec 600 chocs. Les pressions dans l'appareil sont données entre parenthèses :

Air :

Non protégé..................	3,3 ($0^{mm},15$ de mercure)
Derrière 10^{cm} de plomb........	2,4 ($0^{mm},15$ de mercure)

Hydrogène :

Non protégé.............	0,42 (5^{mm} Hg)	0,42 (4^{mm} Hg)
Derrière 10^{cm} de plomb ...	0,33 (5^{mm} Hg)	0,32 (4^{mm} Hg)

II. *Action des rayons cosmiques sur les éléments chimiques.* — Le rapport des nombres n pour deux gaz différents donne directement le rapport des « sections d'ionisation » des atomes de ces gaz. Si les électrons extranucléaires sont seuls atteints par l'ionisation ordinaire des rayons cosmiques et si l'on admet que tous les électrons interviennent de la même manière dans la « section d'ionisation » ([1]), alors $(n)_{\text{air}} : (n)_{\text{hydrogène}} = 7,2$. Si tous les électrons, extérieurs et nucléaires, participaient à l'ionisation, alors on aurait $(n)_{\text{air}} : (n)_{\text{hydrogène}} = 14,4$. Nos valeurs expérimentales donnent $(n)_{\text{air}} : (n)_{\text{hydrogène}} = 7,9$ (radiation non filtrée) et 7,4 (radiation filtrée par 10^{cm} de plomb). Les électrons nucléaires, si les charges négatives du noyau existent encore sous cette forme, ne prennent donc pas part à l'ionisation ordinaire des rayons cosmiques même dans les éléments les plus légers. L'action des rayons cosmiques sur la matière consiste donc en deux effets distincts : ionisation (électrons extranucléaires) et absorption (noyaux).

On peut définir un coefficient d'ionisation Δ caractérisant l'ionisation de même que le coefficient d'absorption μ caractérise l'absorption. Le rapport $\Delta : \mu$ donne alors la fréquence relative des deux effets. Avec nos valeurs expérimentales on trouve ainsi que sur 10^8 collisions d'une particule cosmique avec les molécules d'air une seule est nucléaire. Si chaque collision nucléaire devait donner naissance à un choc de Hoffmann, on trouverait un nombre de ces chocs quelques centaines de fois trop grand.

([1]) Ce n'est là qu'une hypothèse de travail tout à fait élémentaire.

On évite cette difficulté en supposant que : 1° les collisions nucléaires pour les composantes peu pénétrantes de la radiation cosmique produisent des groupes de rayons peu nombreux et de basse énergie; 2° les chocs de Hoffmann seraient des groupes produits seulement par la composante la plus pénétrante. Cette conception est confirmée par les mesures de W. Messerschmidt (¹), qui trouve une augmentation du nombre des chocs de Hoffmann en accroissant l'épaisseur de l'armure de plomb qui entoure son appareil de 10 à 20^{cm}, cela conduit à un très grand pouvoir pénétrant des rayons produisant ces chocs.

III. *Propriétés principales du nouveau tube-compteur.* — Dans le nouveau tube-compteur, le gaz intérieur est tellement raréfié que les rayons cosmiques n'y produisent en général qu'une paire d'ions. Il est remarquable que ces ions déclenchent toujours un choc au moins dans l'hydrogène sous 4 à 5^{mm} de mercure. Ces chocs ont une amplitude constante qui atteint 120 volts pour une tension totale appliquée de 700 à 800 volts. La possibilité de comparer directement l'action des rayons cosmiques sur différents éléments chimiques est la propriété la plus importante du nouveau tube-compteur. Le compteur de Geiger-Müller donne des valeurs indépendantes de la nature et de la pression du gaz. La seconde propriété remarquable du nouveau tube-compteur est qu'il donne comme résultat d'une seule mesure la valeur absolue d'un nombre d'ionisations élémentaires par centimètre cube et par seconde dans les conditions normales de température et de pression. Enfin, l'absence d'effets d'orientation rend les mesures d'intensité, d'absorption et de fluctuations effectuées avec le nouveau tube-compteur, directement comparables à celles obtenues avec une chambre d'ionisation.

PALÉOBOTANIQUE. — *Sur la structure de la thèque chez les Péridinites.* Note de M. **Lefèvre**, présentée par M. L. Mangin.

Dans une récente Communication à la Réunion des Naturalistes du Muséum (²), j'ai décrit un premier genre de Dinoflagellés fossiles, très

(¹) *Naturwissenschaften*, 15, 1933, p. 285.
(²) Séance du 22 juin 1933.

voisin des Péridinium actuels, auquel j'ai attribué le nom de Péridinites (¹). Les diagnoses de neuf espèces (*Peridinites parvulus* nov. sp.; *P. barbadensis* nov. sp.; *P. globosus* nov. sp.; *P. sphæricus* nov. sp.; *P. ovalis* nov. sp.; *P. piriformis* nov. sp.; *P. piriformis* var. *compactus* nov. var. *P. diodon* nov. sp.; *P. perforatus* nov. sp.) ont été publiées dans cette Communication.

La thèque des Péridinites est silicifiée. L'était-elle originellement ou sommes-nous en présence d'un test de substitution. Une série d'observations va nous éclairer sur ce point.

La plupart des coques rencontrées sont incomplètes, mais on peut remarquer deux catégories de lacunes bien distinctes :

a. Chez de nombreux individus, les plaques manquantes sont toujours les mêmes Il y a eu désarticulation de la thèque par les lignes de sutures antapicales et suivant une portion du sillon transversal. La comparaison avec les espèces actuelles nous montre que ces lacunes sont normales. Elles indiquent simplement que les Péridinites se multipliaient au cours de leur vie végétative comme les *Peridinium* actuels et les plaques sont manquantes parce qu'elles se sont séparées de la coque pour libérer des individus au stade *Gymnodinium*.

b. Chez d'autres cellules, il n'y a pas eu désarticulation suivant les lignes de suture, mais bris de la thèque d'une manière absolument quelconque. Les Péridinites ont été brisées par pression comme l'ont du reste été les Diatomées et Radiolaires qui les accompagnent.

c. Chez une troisième catégorie d'individus, les deux systèmes se sont ajoutés et l'on peut observer des coques auxquelles il manque des plaques antapicales par désarticulation et des portions d'épithèque par bris irrégulier mais non par désarticulation. A l'appui de ce qui précède, je ferai remarquer qu'on ne rencontre aucune hypothèque isolée de Péridinites dans cette terre fossile. Elles ont toutes été désarticulées par la multiplication.

Puisque chez les Péridinites, comme chez les Péridinium actuels, les sutures constituaient primitivement des lignes de moindre résistance de la thèque et que par la suite cette propriété a disparu, il faut que la rigidité

(¹) L'étude des Péridinites a été commencée sur une préparation de terre fossile de Springfield (Barbades) appartenant à la collection Petit, au laboratoire de Cryptogamie du Muséum. Elle a du être continuée sur des dépôts lavés provenant également des Barbades et choisis dans la collection Bourgogne (même laboratoire).

des sutures soit devenue égale à celle des plaques, ce qui s'explique uniquement par une minéralisation de l'ensemble.

Si la thèque des Péridinites avait été primitivement silicifiée, il deviendrait extrêmement difficile d'expliquer leur absence dans la presque totalité des dépôts à Diatomées et Radiolaires connus.

La thèque des Péridinites est très épaisse, beaucoup moins délicate que les valves de nombreuses Diatomées. Comment expliquer alors la conservation des Diatomées et la disparition générale des Péridinites.

Je conclus donc à une fossilation des Péridinites par substitution d'un test siliceux à un test primitif probablement cellulosique. Comment cette silicification a-t-elle eu lieu? Je n'en ai aucune idée. Il est évident que des circonstances absolument spéciales ont favorisé la substitution qui a dû se faire très rapidement, avant que les test cellulosiques aient été corrodés et dissous. Le cas n'est pas isolé. La Paléobotanique nous fournit de nombreux exemples, ni plus, ni moins aberrants, de silicification de plantes délicates.

Enfin, je terminerai en signalant un fait extrêmement curieux : les tabulations des neuf espèces découvertes dans ce dépôt, espèces parfois très éloignées par leurs dimensions, leur forme et leur augmentation, sont identiques et définies par le schéma : Epithèque, $7p+4a+3m$; hypothèque, $5p'+2a'$ (1).

Ceci me conduit à supposer qu'à l'origine le nombre des schémas tabulaires différents était extrêment réduit, qu'ils ont évolué oar la suite pour donner les nombreuses tabulations des Péridiniums actuels, mais que cette évolution continue de nos jours, au moins chez certaines espèces, comme le prouvent les nombreuses variations (collineatum, travectum, simplex, complexum) que Lindemann et moi-même avons observés chez les Dinoflagellés.

BOTANIQUE. — *Sur la végétation des Algues marines de la région sud des côtes du Portugal.* Note de M. **Robert Lami**, présentée par M. Louis Mangin.

A l'automne dernier, nous avons pu étudier sur place la flore algale, encore peu connue, de la côte sud du Portugal, entre les falaises calcaires du Cap Saint-Vincent et la lagune de Faro. Cette côte constitue le nord du

(1) Notation adoptée dans mon travail d'ensemble : Monographie des espèces d'eau douce du genre *Peridinium*; *Thèse de Doctorat* de l'Université de Paris, Caen 1932.

golfe de Gibraltar dont les caractères océanographiques diffèrent du reste des côtes portugaises.

Sur toute cette côte, la végétation marine est rare, clairsemée ou manque aux niveaux supérieurs. La végétation d'aspect armoricain du nord du Portugal n'existe plus. Ses éléments nordiques de grande taille, les *Laminaria Cloustonii*, *flexicaulis*, *saccharina*, les *Pelvetia*, les *Himanthalia*, les *Ascophyllum*, les *Fucus serratus* ont disparu. Les *Fucus vesiculosus* et *platycarpus* se réfugient sur les ouvrages d'art des ports et sur les pierrailles des lagunes et des estuaires. Les niveaux élevés ne portent que des algues perforantes ou gazonnantes et, seuls, les niveaux inférieurs et les cuvettes présentent des algues d'une certaine taille, *Cystoseira*, *Sargassum*, *Sacchorhiza* et *Codium*.

Au cap Saint-Vincent, la base des hautes falaises plongeant verticalement présente successivement une zone carriée par des Lithophytes au-dessus du niveau moyen de la mer, puis, vers ce niveau une zone d'algues calcaires, Corallines gazonnantes et Mélobésiées ; plus bas, la roche porte un gazon de petites Floridées avec, çà et là, quelques touffes de *Cystoseira ericoides* et, au-dessous des basses mers de vive eau, quelques *Sacchorhiza*. Dans les anses, où la pente est plus douce, la succession est la suivante : petites Entéromorphes, Floridées gazonnantes, Ulves rigides et Corallines ; *Codium elongatum*, *Cystoseira* et *Sargassum vulgare; Sacchorhiza* et *Ulva cribosa*.

Sur les flancs de la pointe de Sagrès, la succession est analogue ; dans des cuvettes ombreuses remontent quelques *Phyllaria purpurascens* et *Spatoglossum Solierii*.

A Lagos, les déchiquetures de la côte orientée Nord-Sud en diminuent l'éclairement et l'insolation, par suite on observe que les gazons de Floridées remontent plus haut qu'à Sagrès et au cap Saint-Vincent. Outre ces Floridées, des *Codium difforme*, des *Valonia utricularis* et des formes non épiphytes de *Mesophyllum lichenoides* couvrent partiellement les pans de roches ombreuses. Dans les cuvettes nombreuses, les Sargasses et les Cystoseires remontent aussi haut que les algues gazonnantes. Plus haut, la nature de la roche qui se délite ou s'éboule ne permet pas aux Lithophytes de constituer une zone carriée aussi nette qu'au cap Saint-Vincent. Vers le même niveau, les *Rivularia* abondent parmi les *Lichina pygmea*. Dans les grottes, les parois atteintes par la mer sont couvertes par des *Gelidium*, au-dessus d'eux, les *Rhodocorton Rothii* veloutent la roche.

Il est à noter, que malgré des recherches attentives sur cette côte rocheuse, il ne nous a pas été possible de récolter *Laminaria pallida* var. *iberica* que nous avons observé plus au Nord et qui existe à Tanger.

La lagune de Faro appartenant entièrement, sauf les ouvrages d'art, au faciès sableux ou vaseux, présente un caractère tout différent. De vastes surfaces émergeant à basse mer portent une végétation de Salsolacées et de *Spartina stricta* entre lesquelles sont les Algues habituelles d'un tel milieu : *Bostrichia*, *Lola* et *Enteromorphes*. Les surfaces vaseuses découvertes portent un feutrage de *Microcoleus chtonoplastes* ou un tapis de *Fucus lutarius* dont des touffes isolées s'égarent parmi les *Spartina* et sur les herbiers de *Zostera nana*. Ces *Fucus lutarius*, non fructifiés, présentent trois formes : sans vésicules, avec vésicules latérales, avec vésicules exclusivement axillaires. Dans la partie n'asséchant pas des canaux, existent d'importantes prairies de *Caulerpa prolifera*, station la plus septentrionale de cette espèce; une forme géante de *Codium elongatum* long de 2 à 3 mètres s'y rencontre également. Sur les pierrailles de la rive sont quelques *Fucus vesiculosus*, sur les enrochements du goulet existent deux curieuses formes de *Fucus* dont l'une peut être rapportée à *F. axillaris* et l'autre, étroite et spiralée, semble un *F. lutarius* fixé. Sur le cordon littoral, en épaves, se rencontraient des *Sacchorhiza bulbosa* et des *Phyllaria purpurascens* de grande taille ($1^{m},75$) provenant de fonds rocheux voisins non portés sur la carte.

Parmi les facteurs écologiques qui donnent à la végétation algale de cette côte orientée au Midi son caractère décrit plus haut, le principal nous semble être l'intense radiation solaire ; la luminosité trop forte ne permet pas aux espèces nordiques de subsister et l'intensité des radiations calorifiques dessèche si rapidement les régions émergeant fréquemment à basse mer, que bien des algues ne peuvent supporter un tel assèchement. Les espèces gazonnantes résistent le mieux à cette dernière action grâce à l'eau qu'elles retiennent. La salinité assez élevée et la température nous paraissent être de moindre importance.

BOTANIQUE. — *Cultures de méristèmes de racines de* Zea Mays.

Note de M. **R. Gautheret**, présentée par M. Molliard.

La culture de méristèmes radiculaires a déjà fait l'objet d'études de Kotte, Chambers, Scheitterer et White. Nous exposons ici les résultats des recherches que nous avons poursuivies sur la culture de méristèmes isolés de racines de *Zea Mays* (variété Dent de Cheval) et dont quelques-uns sont entièrement nouveaux.

Nos expériences, faites dans des conditions aseptiques, ont été réalisées sur liquide de Knop dilué de moitié, additionné de 2 pour 100 de glucose,

gélosé ou non, et auquel nous avons parfois ajouté du chlorhydrate de cystéine. Les cultures ont été faites en boîtes de Petri ou en chambres humides de forme particulière. Ces dernières étaient constituées par une lame porte-objet sur laquelle étaient collés un anneau, et au centre de celui-ci un disque de verre de diamètre inférieur. L'épaisseur du disque était plus faible que celle de l'anneau : après avoir versé quelques gouttes de milieu nutritif sur le disque, nous déposions le méristème à cultiver et nous recouvrions d'une lamelle ronde reposant sur le bord de l'anneau; cette lamelle était lutée. Le principal avantage de cette chambre humide résidait dans le fait qu'en employant des disques d'épaisseurs différentes, il était possible de construire des cellules contenant des quantités de milieu nutritif variées.

Les méristèmes furent isolés au moyen d'un couteau spécial, constitué par une pince à pression continue tenant un fragment de lame de rasoir mécanique. Nous avons utilisé des pointes de racines, et des méristèmes privés de coiffe et d'initiales, la transparence de la coiffe permettant de distinguer la région des initiales et d'isoler ainsi des méristèmes privés de leurs initiales. Les pointes ayant une longueur primitive de 0,5 à 1^{mm} se sont développées en racines susceptibles de produire de nombreuses racines secondaires. La longueur primitive du fragment peut être multipliée par 50 dans un milieu glucosé, et par 150 dans le même milieu additionné de chlorhydrate de cystéine. Il se forme une sorte de cicatrisation au niveau de la section, par suite du recourbement des cellules périphériques. Les pointes radiculaires ainsi cultivées se différencient, et leur anatomie est celle d'une racine normale de *Zea Mays*. La durée de croissance peut aller jusqu'à trois mois.

Nous avons fait des cultures en isolant de nouveau la pointe au fur et à mesure de son développement en racine. Au cours de ces cultures successives, nous avons obtenu des racines de plus en plus minces : le diamètre pouvait être réduit au tiers de sa valeur primitive, et cette diminution était due surtout à la réduction du nombre des éléments cellulaires. La croissance a pu être ainsi maintenue pendant 2 mois et demi et la pointe a manifesté une croissance après huit sections successives.

Les fragments de méristèmes de dimensions suffisamment réduites ont fourni une croissance plus faible et leurs tissus n'ont pas présenté la différenciation habituelle. Les tissus ont montré une tendance à se désorganiser; les cellules se sont arrondies et quelques-unes presque isodiamétriques se sont lignifiées. Nous avons même observé une désorganisation totale. Le méristème se transforme alors en un tissu lâche dont les cellules sont presque

isolées les unes des autres. Dans l'amas de cellules ainsi constitué, sans forme définie, il est possible de distinguer des cellules de coiffe et des cellules de parenchyme, ces dernières étant deux à trois fois plus allongées que les premières; on trouve aussi des cellules géantes à contour parfois profondément lobé qui semblent provenir des grandes cellules du plérome.

Les cultures de méristèmes sans initiales nous ont donné des résultats notablement différents. Lorsqu'on enlève les initiales au moyen d'une section passant peu en arrière de ces cellules (0,05 à $0^{mm},10$), on observe fréquemment la régénération de la coiffe et de la structure normale de l'extrémité du point végétatif. Cette régénération se fait essentiellement aux dépens des tissus du cylindre central. Après cette régénération, tout se passe comme si l'on avait cultivé une pointe de racine. Toutefois, la croissance des méristèmes ayant régénéré leur coiffe est plus faible que celle des pointes de racine avec leurs initiales. Lorsque la section passe très en arrière des initiales, on n'obtient pas de régénération. La croissance de tels méristèmes se fait alors par accroissement et division des cellules, mais les mitoses sont peu nombreuses et la croissance cesse lorsque le fragment a sa longueur primitive multipliée par 20 environ. Des vaisseaux se différencient, et l'anatomie de ces méristèmes, une fois leur croissance achevée, est celle d'une racine normale. De nombreuses radicelles se forment sur le méristème privé d'initiales. Si l'on tient compte du fait que toutes les cellules d'un méristème normal issues des cellules initiales se divisent pendant quelque temps et se différencient, on admettra sans peine que l'évolution des méristèmes isolés et privés de leurs initiales est comparable à celle de la même portion du méristème d'une racine entière au cours de sa croissance. Les initiales ne paraissent donc pas avoir d'influence essentielle sur le développement des méristèmes, et les cellules du méristème sont susceptibles de se transformer en coiffe et de régresser à l'état d'initiales.

Nos expériences prouvent donc : 1° que les méristèmes isolés de racines de *Zea Mays* sont susceptibles de se développer considérablement, quand on les cultive dans des milieux divers et de se transformer, selon l'endroit où a été faite la section, soit en racines, soit en tissu indifférencié ; 2° que les méristèmes privés d'initiales, susceptibles de régénérer leur coiffe et leurs initiales.

CYTOLOGIE GÉNÉRALE. — *La réaction nucléale de Feulgen chez quelques végétaux inférieurs.* Note de Mlle **H. F. M. Petter**, présentée par M. F. Mesnil.

Les résultats obtenus par la réaction nucléale de Feulgen ont montré que celle-ci est le plus souvent positive. C'est ainsi qu'on a pu, au moyen de cette réaction, mettre en évidence l'acide thymonucléique dans le noyau de divers végétaux supérieurs, ainsi que dans des Mousses, Champignons (Levures), Myxomycètes, Lichens et Algues (Neumann, Milovidov, Pietschmann et Rippel). Chez les Cyanophycées, Poljansky et Petruschewsky, puis Neumann ont montré que cette substance est localisée dans le corps central, ce qui confirme l'opinion qui considère ce dernier comme correspondant au noyau de ces Algues. Chez des Bactéries, on a trouvé que l'acide thymonucléique est diffus dans le protoplasme et se condense dans l'ébauche de la spore chez des Bactéries endosporées (Kuzela, Stapp et Bortels, Pietschmann et Rippel) ou que cette substance se trouve dans la cellule sous forme de granules et bâtonnets (da Cunha et Muniz, Thomas). Cependant, on a signalé quelques cas où le noyau ne présente pas la réaction de Feulgen; c'est le cas, notamment, des noyaux de l'épiderme des feuilles de divers Bégonias et d'autres plantes (Boas et Bieckele).

Le but de nos recherches a été de préciser les résultats de la méthode de Feulgen sur les végétaux inférieurs. Notre matériel a été fixé soit par l'alcool, soit par le sublimé, soit par le liquide de Lenhossèk, soit enfin par la flamme. L'hydrolyse a duré de quatre à dix minutes et la coloration une demi-heure à vingt-quatre heures. Les objets sont restés, avant la réaction, pendant 48 heures dans l'alcool à 95 pour 100. Enfin nous nous sommes assurés que les préparations non hydrolysées restaient incolores ou ne donnaient qu'une coloration faible de la cellule tout entière. Nous avons commencé par essayer la méthode sur des cellules de végétaux supérieurs (cellules épidermiques des écailles de bulbe d'*Allium Cepa*) et ce n'est qu'après avoir réussi à déceler la présence d'acide thymonucléique dans le noyau de ces cellules que nous avons appliqué la méthode sur le cas plus difficile des végétaux inférieurs.

Parmi les Champignons, nous avons étudié d'abord l'*Odium lactis*, l'*Endomyces fibuliger* et un *Saprolegnia* isolé d'un Poisson et cultivé à l'état de pureté. Partout, nous avons obtenu une réaction élective de Feulgen sur le

noyau de ces Champignons et l'*Endomyces fibuliger*, qui ne renferme qu'un seul noyau par cellule, nous a permis de nous assurer que le corps qui présentait cette réaction correspondait bien au noyau. La coloration du noyau de ces Champignons s'est montrée toujours assez faible. Nous avons également obtenu la réaction de Feulgen sur le noyau de diverses levures : *Saccharomyces Pastorianus* et *Saccharomycodes Ludwigii*, *Schizosaccharomyces octosporus*, *Nematospora Coryli*.

Dans les Algues, la réaction de Feulgen s'est montrée positive dans les Diatomées, les Euglènes et le *Pleurococcus viridis*, mais toujours négative dans les Spirogyres et les Zygnemas. Elle nous a donné dans des Cyanoplycées (entre autres, *Phormidium subfuscum* et *autumnale*) une superbe réaction dans le corps central qui se montrait formé de filaments parallèles et plus ou moins anastomosés : elle a révélé aussi les stades de division de ce corps central. Ce fait confirme donc les résultats de Poljansky et Petruschevsky et semble apporter la preuve à l'opinion, soutenue par Guilliermond, que le corps central correspond bien à un noyau.

Parmi les Bactéries, nous avons étudié une Sarcine géante que nous avons isolée de Harengs salés et à laquelle nous avons donné le nom de *Sarcina gigantea*. Cet organisme, que nous considérons provisoirement comme une Bactérie, avait déjà été l'objet d'une étude cytologique de notre part et nous avions montré l'existence, chez elle, d'un corps qui présentait tous les caractères d'un noyau. La réaction de Feulgen nous a donné, d'une manière extrêmement nette, la coloration, dans chaque cellule, du corps que nous avons rapporté à un noyau, ce qui confirme entièrement notre interprétation et paraît démontrer que ce corps est bien un noyau.

Dans le *Bacillus megatherium* et le *Bacillus mycoïdes*, la réaction de Feulgen nous a donné une coloration faible du protoplasme, quoique cependant très nette lorsqu'on la compare avec les cellules des préparations témoins non soumises à l'hydrolyse. Dans les cellules un peu plus âgées, le protoplasme prend un aspect alvéolaire dû à l'accumulation de globules lipoïdiques et, au moment de la sporulation, on constate une localisation très nette de la réaction dans l'ébauche de la spore. Dans le *Bacterium Malvacearum* où Stoughton a décrit récemment un noyau, nous n'avons constaté aucune localisation de la réaction dans le corps considéré par cet auteur comme un noyau, mais une coloration diffuse du protoplasme comme dans les deux Bacilles précédents. Les Beggiatoas montrent également une coloration diffuse, faible du protoplasme.

Un fait intéressant, déjà signalé pour les Protozoaires par Reichenow, est

que les corpuscules métachromatiques (grains de volutine) se colorent dans les préparations témoins, c'est-à-dire celles traitées par la fuchsine décolorée par l'acide sulfureux (réactif de Schiff) sans hydrolyse préalable. Nous avons obtenu notamment de très bonnes colorations des corpuscules métachromatiques chez les Levures, les Diatomées, les Cyanophycées et dans *Sarcina gigantea*.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Les colorations vitales chez les Algues.* Note de M. **M. Chadefaud**, présentée par M. L. Mangin.

I. On sait que, dans les cellules des Algues, le rouge neutre et le bleu de crésyle colorent deux sortes de formations : le vacuome, formation constante, et des corpuscules généralement tanifères, qui ne se rencontrent que dans certains groupes (physodes des Phéophycées et des Tribonémacées, vésicules tanifères de certaines Zygnémacées, corpuscules dits mucifères de certains Eugléniens et de divers Flagellates).

II. En règle générale, le vacuome des Algues est métachromatique vis-à-vis du bleu de crésyle, qui le colore en violet pourpre. L'étude des solutions de bleu de crésyle en milieu colloïdal (eau savonneuse) suggère l'interprétation suivante de ce fait : le colorant est adsorbé par les constituants colloïdaux du suc vacuolaire, et le pH de celui-ci est de l'ordre de 8. S'il était moindre, la coloration serait bleue, s'il était plus élevé, elle passerait au bleu vert.

La notion de colloïdes vacuolaires est aujourd'hui classique. Celle de l'alcalinité du suc vacuolaire demeure discutée. On peut l'étayer à l'aide des faits suivants :

a. Le vacuome perd sa métachromasie quand il se charge de tanoïdes acides (Spirogyres, certains Œdogones). Les corpuscules tanifères (physodes ou autres) ne sont pas métachromatiques, mais ceux des Phéophycées le deviennent quand ils perdent leur charge de tanoïdes.

b. Au cours de l'asphyxie des cellules, l'acidification qui en résulte fait disparaître la métachromasie (observations sur *Hormidium* et *Œdogonium*).

III. On sait que les colorations vitales deviennent impossibles en milieu acide. Le minimum d'alcalinité nécessaire varie selon les espèces. Il est plus élevé pour les *Cosmarium* que pour les *Closterium*, par exemple. On montre aisément que le milieu acide ne lèse pas les cellules de façon irréversible, et qu'il agit en empêchant la pénétration du colorant dans les

cellules. En portant en milieu acide des cellules colorées, on constate en outre que l'acide ne pénètre pas dans le vacuome, dont la couleur demeure inchangée. On en conclut que l'acidité doit agir sur la surface extérieure du cytoplasme, formée de colloïdes amphotères, et supprimer la perméabilité cytoplasmique en modifiant l'état électrique de cette surface. Le point isoélectrique des colloïdes cytoplasmiques doit jouer ici un rôle important, et les différences entre les diverses espèces doivent être liées à celles de point isoélectrique.

IV. L'étude des Algues contenant à la fois un vacuome alcalin et des corpuscules (physodes ou autres) plus acides (Zygnémacées, Euglènes, etc.) permet de pousser plus loin cette analyse. On constate que le minimum de pH nécessaire est plus bas pour les corpuscules acides que pour le vacuome. Le pH interne joue donc un rôle aussi important que le pH externe, et les colorations vitales ne sont possibles que si la différence entre les deux est inférieure à une certaine limite.

D'autre part, les algues colorées vitalement étant transportées dans l'eau pure, leurs éléments se décolorent d'autant plus facilement qu'ils sont plus alcalins, et que l'eau est plus acide. La sortie du colorant est donc soumise aux mêmes règles que son entrée. Les colorants vitaux, qui sont des cations (colorants basiques) ne peuvent traverser le cytoplasme, à partir d'une certaine différence de pH, pour aller d'un milieu acide dans un milieu alcalin. Pour la même raison, chez les Phéophycées, les vacuoles alcalines peuvent se décolorer au profit des physodes acides.

Ce n'est donc pas seulement l'état électrique de la surface externe du cytoplasme qui intervient, mais aussi celui de la surface interne, autrement dit, la polarisation électrique de la membrane formée par le cytoplasme.

V. Ainsi, la pénétration des colorants vitaux dans les cellules dépend au moins de trois choses : *a*. Existence, dans les cellules, d'éléments colloïdaux ayant une affinité pour ces colorants; *b*. Solubilité de ces colorants dans le cytoplasme (on sait que les colorants vitaux sont lipo-solubles; la théorie d'Overton peut trouver ici son application); *c*. Polarisation électrique convenable du cytoplasme (on retrouve ici les idées de P. Girard et de ses élèves).

Pour que la coloration vitale se manifeste, une autre condition est nécessaire : le colorant ne doit pas être réduit. Or, dans les vacuoles, des Algues, et malgré la fonction chlorophyllienne, le rH peut devenir, au cours de l'asphyxie, assez bas pour que le bleu de crésyle (mais non le rouge neutre) soit réduit. C'est ce que j'ai observé chez diverses Phéophycées (*Desmarestia*,

Laminaria) et chez les Algues vertes du *G. Hormidium* : entre lame et lamelle, au cours des observations, le vacuome se décolore; la coloration réapparaît dès qu'on fait entrer de l'air; elle ne disparaît pas si l'algue est montée dans de l'eau additionnée d'un peu d'eau oxygénée; elle peut se produire à l'obscurité comme à la lumière.

ZOOLOGIE. — *Abondance du* Branchiostoma lanceolatum *Pallas dans le canal de Suez.* Note de M. **A. Gruvel**, présentée par M. L. Mangin.

On sait que l'ensemble du canal de Suez se compose d'une partie principale, relativement étroite (100^m en moyenne de largeur) formant le canal proprement dit et de deux formations lagunaires, l'une restreinte (lac Timsah) et l'autre, beaucoup plus développée (Grand lac Amer).

Au point de vue faunistique, le canal proprement dit est beaucoup moins riche, dans son ensemble, que les lacs, ou, tout au moins, que la partie périphérique de ces formations, car leur partie centrale, formée en général de vase noire et de nombreuses coquilles mortes, est une zone presque azoïque. Très rares, en effet, sont les espèces qui vivent sur ces fonds.

Dans le canal, toute la partie centrale fréquemment draguée et sillonnée, à tout moment, par des embarcations plus ou moins rapides et de tout tonnage, est également très pauvre en espèces; celles-ci, en tout cas, ne font que passer et ne stabulent pas.

Il en est différemment des parties latérales du canal, entre la zone creusée et le perré, maçonné de diverses façons. Il y a là, en général, une partie d'une profondeur allant de 1^m,50 à 6^m en moyenne, où le fond est rarement modifié et où, par conséquent, les espèces peuvent se fixer et stabuler sur une largeur variable, mais qui, du côté Afrique surtout, peut atteindre, à certains endroits, une dizaine de mètres au minimum.

Dans ces parties latérales et inexploitées du Canal, les fonds sont très variables suivant les régions. En général, ils sont constitués par du sable plus ou moins vaseux avec, en certains points, des mélanges de tuf argileux et, même, de calcaire.

Nous avons rencontré là beaucoup de Mollusques vivants, des Ascidies simples ou composées nombreuses, beaucoup de Vers et un assez grand nombre de Crustacés divers. Mais ce qui nous a le plus frappé, au milieu

de toute cette faune variée, c'est la présence, en quantité vraiment extraordinaire, d'un Brachiostome, qu'après examen au laboratoire, nous avons reconnu être le *Branchiostoma* (*Amphioxus*) *lanceolatum* Pallas, forme qui, à notre connaissance, n'avait encore jamais été signalée dans le canal de Suez où elle se rencontre, cependant, en abondance.

Cette espèce existe dans l'océan Indien et la Méditerranée; il n'est donc pas étonnant qu'on la trouve dans le canal de Suez; mais elle n'a jamais encore été signalée dans la mer Rouge.

Au cours de notre dernier voyage d'études, nous avons étudié, plus spécialement, le canal, du kilomètre 50 au lac Simsah, ce lac lui-même et le canal entre ce lac et le Grand lac Amer.

C'est surtout entre les kilomètres 50 et 60 et, plus spécialement, aux kilomètres 49 et 50 que nous avons rencontré le plus grand nombre de ces animaux, de tous âges et, par conséquent, de toutes tailles, dans le sable vaso-argileux et, même, dans la vase gypseuse des environs de la carrière de Ballah, ce qui prouve la rusticité et la vitalité de ces animaux. Leur abondance diminue vers le lac Timsah, dans lequel nous n'avons pas rencontré un seul *Amphioxus*. Il reparaît, mais en faible quantité, entre le lac Timsah et le Grand lac Amer, où nos recherches de l'an dernier ne l'ont pas décelé. Il est probable qu'il se retrouve à nouveau après le lac, vers Suez, mais c'est une simple hypothèse que nos études de l'année prochaine nous permettront de vérifier.

En tout cas, étant donnée son abondance dans la partie du canal voisine de la Méditerranée, il ne semble pas douteux que l'*Amphioxus* ait pénétré dans le canal par Port-Saïd. Il a trouvé là, vraisemblablement, des conditions biologiques favorables, puisqu'il s'y est développé d'une façon tout à fait remarquable.

Nous espérons pouvoir dire, après notre campagne prochaine, s'il traverse le canal de bout en bout comme il est à présumer.

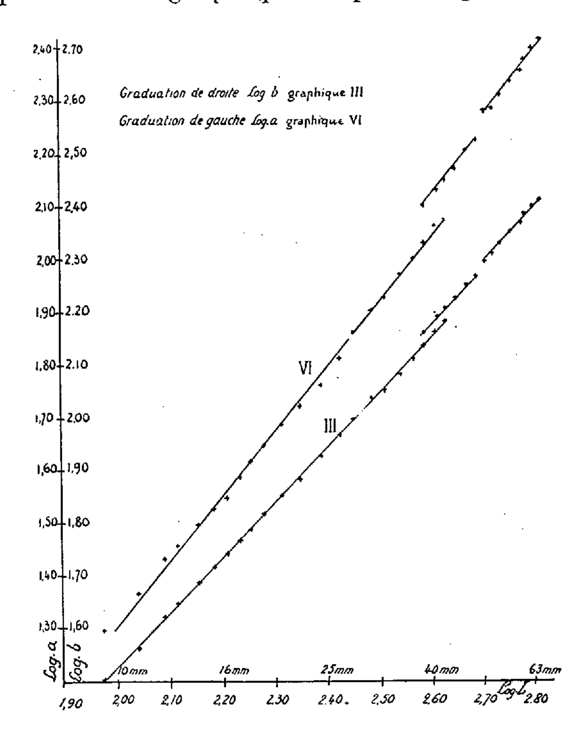
ZOOLOGIE. — *Sur la croissance de l'abdomen chez les Brachyoures. Cas de* Portunus puber. Note de M. **Pierre Drach**, présentée par M. M. Caullery.

La croissance de l'abdomen se présente chez les Brachyoures avec des caractères très différents dans les deux sexes. Chez les mâles, il reste approximativement semblable à lui-même au cours des mues successives;

chez les femelles, au contraire, il subit des modifications importantes dans les proportions relatives de ses divers segments, en sorte que sa forme générale triangulaire chez les individus les plus jeunes devient arrondie chez les individus âgés. C'est l'étude quantitative de ces changements de forme que nous nous sommes proposée. Cette Note précise les résultats relatifs à l'espèce *Portunus puber* Linné.

Les courbes ci-dessous représentent en coordonnées logarithmiques les variations de la largeur maxima des segments III et VI en fonction de la largeur L de la carapace céphalothoracique, mesurée entre les épines postérieures. Chaque point représente une classe comportant de 5 à 30 individus (360 individus mesurés en tout).

Avant de reporter sur le graphique les points figuratifs des classes, nous



avons reporté les points individuels. Ces points se groupent suivant trois segments de droite parallèles, le second chevauchant légèrement le premier; la croissance de l'abdomen obéit bien à une loi exponentielle de la forme $y = bx^k$ comme l'a montré Jul. Huxley chez *Carcinus mænas* (ici $k = 1,04$ pour le troisième segment et $k = 1,24$ pour le sixième segment); mais cette loi ne peut s'appliquer qu'à des périodes limitées de la vie individuelle, et

non à toute sa durée ; le passage d'un segment de droite au suivant représente une mue, au cours de laquelle la croissance ne se fait plus suivant la loi de dysharmonie exponentielle ; l'accroissement de l'abdomen et le changement de ses proportions relatives, au cours de cette mue, sont beaucoup plus marqués qu'au cours des mues précédentes.

L'existence d'un chevauchement, pour la première de ces discontinuités, signifie que, dans la zone correspondante (individus ayant de 38 à 44^{mm} de largeur), il y a, pour une taille donnée du céphalothorax, deux dimensions possibles de l'abdomen. La constatation de cette bimodalité exige que, dans cette zone, on établisse deux moyennes par classe, une pour les femelles à petit abdomen, une autre pour les femelles à grand abdomen. Ces discontinuités sont de même nature que celles beaucoup plus marquées, découvertes pour la première fois par G. Teissier dans la croissance de *Macropodia rostrata* (abdomen des femelles et pinces des mâles). Les deux discontinuités que nous avons mises en évidence correspondent donc à deux mues singulières, qui permettent de diviser en trois cycles la vie post-larvaire de *Portunus puber*. La première se place dans une zone de tailles à partir de laquelle la femelle acquiert la maturité génitale ; la seconde correspond à la mue immédiatement suivante et l'examen des tailles atteintes par les grandes femelles montre que cette mue post-génitale est la dernière. La première est quantitativement la plus importante, mais surtout, cette mue n'est autre que la mue de puberté que Ch. Pérez a découverte en se basant sur l'étude des connexions de l'abdomen et du plastron céphalothoracique : l'abdomen maintenu accolé contre la face ventrale de ce dernier par un appareil d'accrochage spécialisé est *décroché* après cette mue, ce qui permet à la femelle d'être fécondée. La preuve certaine que notre première zone de discontinuité coïncide avec la mue de Ch. Pérez résulte de la constatation suivante : dans cette zone seulement (L. de 38 à 44^{mm}) on trouve indifféremment des individus à abdomen « accroché » et à abdomen « décroché », et le classement des femelles, fait d'après ce caractère, coïncide rigoureusement avec celui fait d'après la taille faible ou forte de l'abdomen.

D'autres changements morphologiques viennent encore accentuer le caractère très spécial de cette mue. Ce sont : 1° l'apparition d'une frange de poils très touffus sur les bords de l'abdomen ; 2° le développement de soies beaucoup plus nombreuses sur les pléopodes ; 3° la décalcification des lignes articulaires des segments abdominaux, fortement calcifiés dans les stades plus jeunes chez *Portunus puber*.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur le facteur léthal des Souris brachyures.* Note de M. **Boris Ephrussi**, présentée par M. Maurice Caullery.

On connaît chez la Souris trois mutations dont la forme homozygote est non viable ou *léthale*, l'effet récessif de léthalité étant associé à un effet dominant affectant visiblement l'aspect des animaux et sans qu'on puisse dire s'il s'agit dans ces cas de deux actions d'un même gène ou de deux gènes différents (pour la léthalité et la couleur, par exemple). Ces trois mutations sont : la Souris jaune, la Souris blanche à yeux noirs et la Souris brachyure ou anoure.

En ce qui concerne les causes et modes de la léthalité, on sait seulement que la forme homozygote de la Souris blanche à yeux noirs meurt d'anémie (Aberle) et que les embryons homozygotes de la Souris jaune meurent avant l'implantation dans l'utérus (Kirkham, Ibsen et Sleigleder, Dunn). Pour ce qui est de la Souris brachyure, on sait seulement que la mort intervient chez l'embryon à la fin du 10e jour après la fécondation (Chesley) ([1]). Quant aux causes plus profondes de la constitution des anomalies caractérisant les individus homozygotes, on n'en sait exactement rien.

Ce problème peut être attaqué de différentes manières; celle que nous avons choisie devait répondre à plusieurs questions préliminaires : quel est le niveau d'organisation auquel se manifeste l'action d'un gène léthal? Est-ce le niveau cellulaire, tissulaire, ou un niveau plus élevé encore, celui des corrélations par conséquent? Il s'agit donc, avant tout, de savoir si le gène léthal, présent, grâce aux mitoses supposées équationnelles de l'œuf fécondé, dans *toutes* les cellules, d'un organisme, se manifeste aussi dans toutes ces cellules où, au contraire, comme tant d'autres facteurs, au niveau de quelques cellules particulières seulement.

L'idée qui nous a conduit dans ce travail était que l'on devait pouvoir déterminer les potentialités des différentes cellules d'un embryon léthal, vouées à la mort lorsqu'elles font partie de l'embryon, en les explantant *in vitro*. Nous avons choisi comme matériel expérimental la Souris brachyure ([2]), parce que, chez cette mutation, les caractéristiques

---

([1]) *Proc. Soc. Exp. Biol. and Med.*, 29, 1932, p. 437-438.

([2]) Nos souris brachyures proviennent de l'élevage de M[me] Dobrovolskaïa-Zavadskaïa, à l'Institut du radium.

précises des embryons léthaux, permettant de les reconnaître facilement, ont récemment été décrites par Chesley. D'un autre côté, la Souris présente pour nous cet avantage qu'à côté de quelques embryons léthaux on peut toujours trouver des embryons normaux du même âge pouvant servir de témoins.

La technique employée dans nos expériences est la suivante. Nous déterminons d'abord le moment de la fécondation d'une Souris brachyure par un mâle brachyure. Puisque, d'après Chesley, les embryons léthaux sont reconnaissables dès le huitième jour et ne meurent qu'à la fin du dixième, nous ouvrons la femelle au commencement du dixième jour après la fécondation et disséquons stérilement l'utérus sous une loupe binoculaire. Nous trouvons, dans la plupart des cas, une faible proportion d'embryons, présentant les anomalies décrites par Chesley et caractéristique des embryons léthaux (absence de la partie postérieure du corps, de somites, etc.) (1).

Dans chaque expérience, nous utilisons un nombre égal d'embryons léthaux et normaux. Les cultures sont faites, soit en flacons Carrel, soit en goutte pendante et dans des milieux entièrement hétérologues : plasma et extrait embryonnaire de Poulet.

Dans une première série d'expériences nous nous sommes limités à explanter les cœurs des embryons, parce qu'il s'agit là d'un organe contractile et présentant par conséquent un signe sûr de son activité fonctionnelle. Nous avons pu garder les cœurs d'embryons léthaux, en état de faible prolifération pendant deux mois jusqu'ici. Pendant tout ce temps ils présentaient des contractions et ne se distinguaient en rien des témoins.

Nous avons d'autre part cultivé l'ensemble des tissus du corps de l'embryon, moins le cœur. Dans les expériences faites jusqu'ici, nous n'avons pas cherché à isoler tel ou tel tissu; nos cultures contenaient donc un mélange de tissus différents. Pendant le premier mois de culture, nous avons pu constater la prolifération, à côté des fibroblastes, d'un épithélium dont nous n'avons pas déterminé la nature. Pendant le deuxième mois, nous n'avons vu proliférer que des fibroblastes. Ici encore, nous n'avons observé aucune différence entre tissus provenant d'embryons léthaux ou normaux.

Enfin, dans une troisième série d'expériences, nous avons cultivé l'embryon entier avec son cœur. Celui-ci a présenté des contractions actives

(1) Au total, dans les expériences effectuées jusqu'ici, nous avons trouvé 9 embryons léthaux sur 36, c'est-à-dire exactement la proportion théorique.

pendant deux semaines, après quoi l'expérience a été arrêtée par une cause accidentelle.

Ces expériences montrent donc qu'au moins trois sortes de cellules (cœur, fibroblastes du corps, épithélium), prélevées sur l'embryon léthal 6 à 12 heures avant sa mort, dans l'utérus de la mère, peuvent survivre pendant des périodes prolongées lorsqu'elles sont explantées *in vitro*. Il est probable que ces tissus, cultivés jusqu'ici pendant deux mois, peuvent proliférer indéfiniment, comme les tissus normaux. Notons aussi que la survie que nous avons obtenue concerne, d'une part, des cellules à l'état de prolifération active (fibroblastes), d'autre part des cellules en exercice de leur activité fonctionnelle (cœur).

Dans les conditions de nos expériences, l'action du facteur léthal de la souris brachyure ne s'exerce donc certainement pas au niveau de toutes les cellules de l'embryon. La mort dans l'embryon des trois espèces de tissus que nous avons réussi à cultiver est donc très probablement due à un effet des corrélations.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la présence du maltose dans les tubercules frais du* Lathyrus tuberorus *L.* Note de M. **A. Meunier**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

On a cru longtemps que le maltose, diholoside réducteur découvert en 1847 par Dubrunfaut, ne se rencontrait pas tout formé dans les espèces végétales.

Des recherches, relativement récentes, ont permis de l'isoler, d'une façon indiscutable, dans les organes souterrains de trois plantes : *Mercuriolis perennis* L. (1), *Umbilicus pendulinus* D. C. (2), *Bolbostemma paniculatum* Franquet (3).

Au cours d'un travail que je poursuis, depuis plusieurs années, sur les glucides des plantes de la famille des Légumineuses, j'ai eu l'occasion d'extraire, des tubercules frais d'une Papilionacée (*Lathyrus tuberosus* L.), une petite quantité de maltose cristallisé.

---

(1) *Jour. Pharm. Chim.*, 7e série, **28**, 1923, p. 148.
(2) *Comptes rendus*, **179**, 1924, p. 1190.
(3) *Comptes rendus*, **186**, 1928, p. 890.

Ce sont les essais biochimiques, effectués à différentes périodes de la végétation annuelle, qui m'ont fait soupçonner la présence de cet holoside.

Voici les résultats obtenus en opérant sur une liqueur extractive dont 100$^{cm^3}$ représentaient 100^g d'organes frais :

	Septembre.
Rotation initiale ($l=2$)	$+7°35'$
Rotation après action de la sucrase	$+2.32$
Rotation après action de l'émulsine	$+2.8$
Rotation après action de la poudre de pancréas	$+10$
Sucre réducteur initial (pour 100$^{cm^3}$)	0^g,793
Sucre réducteur après action de la sucrase	4,338
Sucre réducteur après action de l'émulsine	4,447
Sucre réducteur après action de la poudre de pancréas	4,949

Ces essais indiquent la présence, dans la solution étudiée, d'un principe dextrogyre non hydrolysable par la sucrase et par l'émulsine. Ce produit est dédoublé par la poudre de pancréas qui renferme, comme on le sait, de la maltose. L'indice de réduction diastasique obtenu est de 255 (indice théorique du maltose : 275).

J'ai pu constater, d'autre part, qu'il s'agissait d'un glucide réducteur, fournissant une phénylosazone cristallisée en rosaces, soluble dans l'alcool méthylique et le mélange, à parties égales, d'eau et d'acétone.

Il était intéressant de chercher à isoler, puis à identifier, cet oside. J'ai réussi à l'extraire en partant de 6000^g de tubercules frais de *Lathyrus tuberosus* L.

La technique peut se résumer de la façon suivante :

J'ai fait agir la sucrase de levure sur une solution aqueuse qui renfermait, pour 100^g de saccharose, 8^g environ de glucide inconnu.

Sous l'action de la sucrase, le saccharose s'est trouvé rapidement hydrolysé, ce qui a facilité l'utilisation ultérieure du *Saccharomyces Marxiamus* Hansen, levure qui ne touche pas au maltose.

J'ai transformé ensuite le sucre en maltosate de baryum par addition, à 0°, d'une quantité calculée d'hydroxyde de baryum. Par décomposition de cette combinaison barytique et concentration, il est resté un résidu sirupeux qui fut épuisé, à l'ébullition, par de l'alcool à différents titres. La cristallisation s'est produite, après quelques jours de repos, dans l'alcool à 85°.

Voici les propriétés du produit purifié et séché à l'air :

Desséché dans le vide sulfurique, puis rapidement à l'étuve à + 105°, il

perd 4,86 pour 100 d'eau (perte théorique pour $C^{12}H^{22}O^{11}H^2O$, 5 pour 100). Il possède la mutarotation ascendante : son pouvoir rotatoire stable est

$$\alpha_D = +130^\circ \qquad (p = 0,132,\ v = 10,\ l = 2,\ \rho = +3^\circ 26').$$

Par la méthode de M. G. Bertrand, 1^g de produit cristallisé réduit comme $0^g,536$ de glucose.

Le poids moléculaire, déterminé par la méthode à l'iode et au carbonate de sodium de M. Bougault, a été trouvé de 358 (maltose, 360).

Enfin par action de l'anhydride acétique en présence d'acétate de sodium anhydre, j'ai obtenu en partant du corps inconnu un dérivé qui, après plusieurs réinstallations dans l'alcool, présentait le point de fusion de l'octoacétylmaltose (156°).

Tous ces chiffres sont suffisamment concordants pour me permettre d'identifier le glucide isolé au maltose et de signaler, par suite, la présence de ce diholoside, en très petite quantité, dans les tubercules frais du *Lathyrus tuberosus* L.

La gesse tubéreuse est la quatrième plante à maltose signalée, jusqu'à ce jour, dans le règne végétal.

A 16^h l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à $16^h 30^m$.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 26 juin 1933.)

Page 1945, ligne 10 de la Correspondance, *au lieu de* Leçons sur les Fondations, *lire* Leçons sur les Fonctions.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 10 JUILLET 1933.

PRÉSIDENCE DE M. ÉMILE BOREL.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

PHYSIQUE CRISTALLINE. — *Sur les différents régimes vibratoires d'un parallélépipède de quartz*. Note (¹) de M. **Armand de Gramont.**

Soit un parallélépipède de quartz dont les arêtes sont parallèles respectivement aux axes électrique, optique et mécanique; désignons par e, o et m les dimensions du cristal le long de ces trois axes. Faisons vibrer le cristal suivant l'axe mécanique; soit f la fréquence obtenue.

Considérons le coefficient $K_m = fm$. Tant que m est grand par rapport à la dimension o, on voit sur la figure que le coefficient K_m est sensiblement constant : la fréquence f est alors inversement proportionnelle à la longueur m; nous avons trouvé, par des mesures effectuées sur un grand nombre de cristaux, que ce coefficient K_m était égal en moyenne à 2706, valeur voisine de celle que lui a attribuée Hund.

Sans modifier les dimensions du cristal suivant les axes optique et électrique, diminuons progressivement sa longueur suivant l'axe mécanique; quand le rapport m/o est voisin de 2, on voit que K_m commence à diminuer : la fréquence du cristal n'est plus inversement proportionnelle à sa longueur.

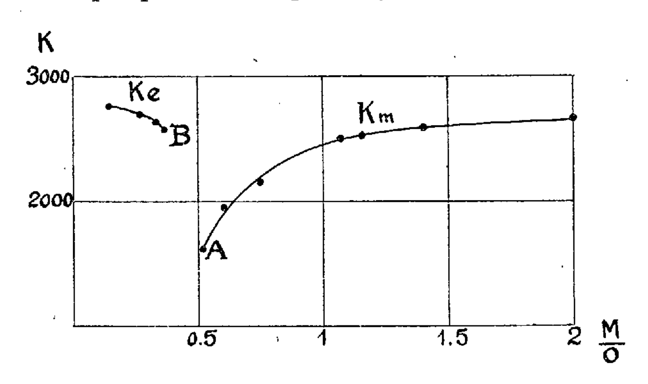
Le cristal pour lequel $m/o = 0,52$ correspond au cas limite de la vibration suivant l'axe mécanique (point A de la courbe); pour ce point, K_m est un peu supérieur à 1600.

Si la longueur du cristal suivant l'axe mécanique diminue, le régime

---

(¹) Séance du 3 juillet 1933.

vibratoire est d'abord complètement instable : puis, pour $m/o = 0,36$, un nouveau régime s'établit correspondant au point B ; le cristal vibre suivant l'axe électrique ; le coefficient $K_e = fe$ tend alors, quand m diminue, vers une valeur limite qui paraît très peu supérieure à celle que nous avons



mesurée pour $m/o = 0,14$. Nous n'avons pas été plus loin : le cristal, ayant alors à peine 1^{mm} suivant m, est difficile à maintenir vertical dans le condensateur.

Pour un tel cristal, la vitesse de propagation du son suivant l'axe électrique, calculée d'après la fréquence, se trouve être de 5504^m, en bon accord avec les prévisions faites par Cady (5500^m).

Il est à noter que les variations d'épaisseur du cristal suivant l'axe électrique ont peu d'effet.

Pour les dimensions du cristal correspondant à la zone de discontinuité comprise entre A et B, les vibrations qui se produisent simultanément sur deux axes orthogonaux sont la cause de tensions mécaniques considérables ; leur étude est délicate car elles brisent fréquemment le cristal. Les charges électriques qui en résultent déterminent les mouvements de rotation que nous avons précédemment décrits.

Ces mouvements des cristaux piézo-électriques ont été observés par A. Meissner et E. P. Tawill ; Meissner les croyait d'origine aérodynamique ; Tawill a suggéré en 1927 que le phénomène pouvait être d'origine électrique, ce que nos essais ont confirmé : si, en effet, on transporte un cristal tournant dans une atmosphère raréfiée, on voit d'abord le mouvement se ralentir par suite de l'ionisation du gaz en même temps qu'apparaissent des aigrettes lumineuses ; puis, quand le vide augmente, le mouvement du cristal s'accélère et devient plus rapide qu'à l'air libre. La rotation du cristal ne peut donc être attribuée qu'aux charges électrostatiques.

Quand le cristal tourne à l'air libre, le souffle qu'on observe et qui est la conséquence des charges électriques, peut ajouter son action à celle de ces charges et masquer ainsi la cause véritable du phénomène.

MINÉRALOGIE. — *Sur un nouveau type de macles.* Note de M. G. **Friedel.**

Les observations patientes et sûres de J. Drugman sur les macles extraordinairement nombreuses que présente le quartz bipyramidé des roches porphyriques [1] y ont mis hors de doute l'existence de huit lois de macles, dont sept sont bien conformes à la théorie de Mallard telle qu'elle a été exprimée et complétée en 1904 [2]. Par contre une huitième, déjà signalée dans des quartz de filons mais restée douteuse, et désormais certaine grâce à J. Drugman, échappe tout à fait à cette théorie. C'est la macle dite de Zinnwald (Jenzsch), ainsi définie : Une face de l'isoscéloèdre b^1 $(10\bar{1}1)$ de l'un des cristaux coïncide avec la face prismatique m $(10\bar{1}0)$ de l'autre, et réciproquement une face m du premier avec une face b^1 du second; l'arête $b^1 m$ a ainsi la même direction dans les deux cristaux. Cette macle ne peut être définie par aucune opération de symétrie du réseau; c'est-à-dire qu'elle n'a ni plan réticulaire de macle, ni axe réticulaire de macle d'ordre 2, 3, 4 ou 6. Ou, ce qui revient au même, il n'y a aucune maille simple ou multiple qui soit commune, exactement ou approximativement, aux deux cristaux groupés, à moins d'admettre un indice et une obliquité inacceptables.

J. Drugman [3], ayant observé que fréquemment de petits cristaux de quartz, formés dans la pâte de la roche, s'orientent parallèlement à un gros cristal dès qu'ils viennent en contact avec lui, recourt, pour expliquer le groupement de Zinnwald, à cette idée que des groupements réguliers pourraient résulter de l'accolement, avec orientation mutuelle, de cristaux préexistants. Gaubert [4] avait pensé observer, dès 1896, la formation de la macle des spinelles dans l'azotate de plomb par ce processus; mais le fait

---

(1) *Bull. Soc. Fr. de Minéralogie*, 51, 1928, p. 187; *ibid.*, Livre Jubilaire, 1930, p. 95; *Mineralogical Magazine*, **21**, n° 119, 1927, p. 398.

(2) G. Friedel, *Bull. Soc. de l'Industrie minérale*, 4e série, **3** et **4**, 1904; *Leçons de Cristallographie*, Berger-Levrault, Paris, 1926.

(3) *Loc. cit.*, Livre Jubilaire, p. 98-101.

(4) *Bull. Soc. Fr. de Minéralogie*, **29**, 1896, p. 431.

restait contestable. Par contre, récemment Marianna Schaskolsky et A. Schubnikow[1], en opérant sur l'alun dans des conditions d'observation plus favorables, ont d'une part mis hors de doute la possibilité d'accolements parallèles et de groupements réguliers formés par ce moyen. D'autre part, en amenant de petits cristaux d'alun de forme cubique au contact de gros octaèdres croissant dans la solution sursaturée, ils ont découvert un type de groupement nouveau tellement identique à la macle de Zinnwald du quartz que l'on ne peut douter de tenir ainsi la complète explication de cette macle. Dans le nouveau groupement de l'alun, les deux cristaux viennent en contact nécessairement par une face qui est une face de cube pour l'un et d'octaèdre pour l'autre. Cela ne tient qu'aux formes extérieures. Mais l'action d'orientation mutuelle des structures cristallines se manifeste en ceci que, autour de la normale à ce plan commun, les deux cristaux sont tournés l'un par rapport à l'autre, non toujours mais dans un nombre très grand de cas, de telle façon que la seule rangée qui soit commune aux deux faces en contact, c'est-à-dire un des axes binaires du réseau, diagonale de la face du cube et arête de l'octaèdre, ait même direction dans les deux cristaux; cette rangée est d'ailleurs la plus dense.

Exactement de même dans la macle de Zinnwald, lorsque les cristaux sont limités par l'isoscéloèdre $b^1(10\bar{1}1)$ et le prisme m $(10\bar{1}0)$, le contact peut avoir lieu au hasard : A, entre deux faces de prismes; B, entre deux faces d'isoscéloèdre, ou C, entre face de prisme et face d'isoscéloèdre; et, dans tous les cas, une arête $b^1 m$, rangée la plus dense du quartz, a même direction dans les deux cristaux. Dans le cas A, il se fait un groupement parallèle; dans le cas B, soit un groupement parallèle soit la macle dite de l'Esterel [plan de macle $(10\bar{1}1)$]; et, dans le cas C, la macle de Zinnwald. Drugman a signalé une remarquable confirmation de ce processus : la macle de Zinnwald n'a pas été rencontrée dans les quartz de l'Esterel, où le prisme manque presque complètement; tandis qu'elle est fréquente dans les gisements de Cornouailles et autres, où le prisme est constant sur tous les échantillons.

On est conduit ainsi à constater l'existence de deux, et peut-être trois types de macles. Le premier, qui comprend presque toutes les macles connues, est conforme à la théorie ci-dessus rappelée, qui continue à s'y appliquer sans aucun changement. Il est caractérisé surtout par ceci que les deux orientations du cristal maclé ont en commun, exactement ou avec une

(1) Leningrad, *Zeit. für Krist.*, 85, 1933, p. 1-16.

certaine approximation, un réseau, une période à trois dimensions. On peut les appeler *macles tripériodiques*. Dans le second, qui n'est connu jusqu'à présent que par la macle de Zinnwald du quartz et la macle nouvelle de l'alun, les deux cristaux n'ont en commun qu'une seule rangée, une seule période linéaire, qui d'ailleurs se trouve, dans les deux exemples actuellement décrits, avoir rigoureusement le même paramètre pour les deux, et avoir aussi le paramètre minimum. Dans ces *macles monopériodiques*, l'orientation mutuelle est, pour deux dimensions, déterminée par le contact accidentel de deux faces extérieures préexistantes et appartenant à deux formes simples M et N différentes; l'action orientante de la structure cristalline n'intervient que pour fixer la position dans la troisième dimension, les deux cristaux s'orientant de manière à avoir en commun une rangée très importante qui appartient à la fois à M et à N. Ce type de macle ne semble pouvoir se produire que par le processus d'accolement de cristaux préexistants, aujourd'hui incontestable. Il ne paraît pas impossible qu'il existe des macles *dipériodiques*, dont on ne connaît pas d'exemple jusqu'à présent. Les mêmes notions et la même classification sont applicables aux épitaxies (groupements orientés d'espèces différentes), dont on ne connaît actuellement que deux types : *tripériodique*, permettant l'accolement régulier sur une surface quelconque; et *dipériodique* (1), où l'accolement orienté n'a lieu que par la face contenant les deux périodes planes quasi identiques.

Une Note plus détaillée paraîtra dans un autre Recueil.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *La mouillabilité des substances insolubles et les remarquables puissances d'attraction existant à l'interface des liquides non miscibles.* Note de M. **H. Devaux**.

Appréciation de la mouillabilité. — La substance réduite en poudre sous l'eau, ou même obtenue par précipitation pour que les surfaces soient neuves et en contact intime avec le liquide, est amenée à la surface du liquide : si ses grains arrivent à flotter c'est qu'elle s'est partiellement démouillée, elle ne possédait qu'une affinité imparfaite pour l'eau. La mise en contact avec la surface peut du reste être établie de plusieurs manières, rotation lente du vase couché et incomplètement rempli, secouage, etc. De

(1) L. Royer, *Bull. Soc. Fr. de Minéralogie*, 51, 1928, p. 7-159.

la limaille d'or par exemple, obtenue sous l'eau, est ainsi très facilement mise en flottement. Il en est de même de tous les corps simples que j'ai étudiés, métaux : Pt, Ag, Cu, Al, Zn, Ni, Fe, Pb, Sn, Bi, Ur; ou métalloïdes : S, Se, Te, Si, C (graphite), As, Ph, Bo.

Ainsi le résultat de cette première étude est assez inattendu : *aucun des corps simples étudiés, qui comprennent la majorité des corps simples usuels, ne présente une mouillabilité parfaite par l'eau.* Ils tendent tous à se démouiller en arrivant à la surface.

Il en est de même pour beaucoup de composés insolubles.

Attraction interfaciale par deux liquides superposés. — Si la poussière submergée se démouille à la surface du liquide, c'est simplement parce que la pellicule d'eau qui couvre encore sa surface au moment de l'émersion est plus attirée par l'eau voisine que par la substance elle-même. Mais la partie démouillée de chaque particule conserve des affinités attractives, le démouillage n'a fait que les libérer. Pour révéler ces attractions, il suffirait, semble-t-il, de verser sur l'eau un deuxième liquide, tel que la benzine, capable d'attirer les particules, sans se mélanger à l'eau. Le grain serait alors sollicité très énergiquement à rester à la surface de séparation, chacune des attractions qu'il subit étant insuffisante pour le faire passer dans un seul des deux liquides.

L'expérience répond d'une manière merveilleuse à cette déduction logique, elle permet d'affirmer que la *surface de séparation des liquides non miscibles est un lieu d'affinités attractives extrêmement énergiques, aboutissant à une accumulation remarquablement stable des substances le long de ces interfaces.*

Mélangeons par exemple de la poudre d'iodure de mercure avec de l'eau : quand on agite, la poussière rouge vient en petite quantité nager à la surface, mais la grande masse reste dans l'eau et tombe vite au fond. Ajoutons maintenant un peu de benzine et agitons de nouveau. La benzine forme une multitude de gouttelettes dispersées dans l'eau chargée d'iodure, et qui se rassemblent dès que cesse l'agitation. Nous constatons alors que toute la masse de poudre rouge s'est accumulée instantanément à la surface, ou plutôt à l'interface eau-benzine, formant une sorte de crème qui remonte le long des parois du verre, parce que ces parois sont à la fois mouillées d'eau et de benzine. S'il y a trop de poudre pour qu'il y ait flottement, il y a cependant encore séparation d'avec l'eau, la poussière rouge s'accumule au fond du vase en masses arrondies représentant un peu de benzine recouverte d'une couche de poussière minérale. La séparation est instantanée et sensiblement complète.

Or cette belle expérience réussit pour ainsi dire avec toutes les substances insolubles ou peu solubles (exemple NaFl) *même celles obtenues par précipitation.*

Souvent, il est vrai, il y a seulement partage car il reste de la poussière insoluble dans la masse de l'eau : mais une partie s'accumule toujours à l'interface. Il en est ainsi pour une multitude de précipités : hydrates de Fe, Cu, Zn, Al, Pb, etc., sulfures des mêmes métaux, carbonates et sulfates alcalino-terreux et terreux, oxalates, chlorures et iodures d'Ag, Pb, etc., ferrocyanures de Fe, Cu, etc., fluorures de Ca, Na, etc.

C'est à l'état colloïdal que les substances s'accumulent le moins et parfois pas du tout. Mais dès que l'on détruit l'état colloïdal, par exemple par l'action d'un sel, on voit se produire l'accumulation abondante à l'interface des deux liquides.

Il y a cependant aussi, dans ce beau phénomène, des variations qui sont en relation directe avec la nature de la substance. Certaines substances sont plus hydrophiles que d'autres, ce qui permet d'obtenir parfois un véritable triage : c'est un tel triage que l'on exécute en grand dans les opérations industrielles de flottation ([1]). La description de ces opérations industrielles porterait du reste à faire croire que les substances autres que les minerais restent toujours dans l'eau, ce qui est faux. Cette attraction est seulement plus accentuée chez les composés terreux, c'est ce qui permet leur séparation.

Cette prépondérance d'attraction des interfaces s'exerce du reste jusque sur les molécules de certains corps dissous, elle constitue alors un cas d'adsorption, qui va parfois jusqu'à l'insolubilisation (colophane, tanin, dextrine, albumine, matières colorantes variées).

Conclusions. — 1° La mouillabilité par l'eau, pour la plupart des corps insolubles, et en particulier des corps simples les plus usuels, est une mouillabilité imparfaite.

2° La surface de séparation des liquides non miscibles est un lieu d'attractions puissantes pour toutes sortes de substances, aboutissant à une accumulation immédiate de ces substances si l'on a momentanément augmenté cette surface par agitation. C'est une affinité physique très supérieure à celle qu'exerce chaque liquide séparément sur les particules.

3° Cette accumulation interfaciale porte aussi, dans certains cas, sur des

---

([1]) Voir Wo. OSTWALD, *Zur Theorie der Flotation* (*Kolloïd-Zeitschrift*, 60. II. 3, 1932, p. 324-337).

substances dissoutes dans l'un ou l'autre liquide; c'est alors un cas particulier d'adsorption. Or elle s'exerce de la même manière sur des poussières en suspension. Il y a donc aussi une adsorption des particules massives des substances à l'interface des liquides non miscibles et cette dernière adsorption est extrêmement énergique et stable. Elle aboutit souvent à des formations solides constituant de véritables membranes.

ÉLECTIONS.

Par la majorité absolue des suffrages, MM. **P. Painlevé**, **J. Drach**, **J. Perrin**, **G. Urbain**, **M. Molliard**, **F. Mesnil** sont élus Membres de la *Commission supérieure des Recherches scientifiques*.

NOMINATIONS.

M. **J. Bordet** est désigné pour représenter l'Académie à la *séance académique* consacrée à la mémoire de Jean Effront, le 1er octobre 1933, à Bruxelles.

M. **E.-L. Bouvier** et **P. Marchal** sont désignés pour représenter l'Académie à la célébration du *Centenaire de la mort de* Pierre-André Latreille, le 27 août 1933, à Brive-la-Gaillarde.

PRÉSENTATIONS.

Dans la formation d'une liste de candidats à la direction de l'Observatoire de Lyon, pour la première ligne, M. *Jean Dufay* obtient 37 suffrages contre 1 à M. *Alexandre Véronnet*.

Pour la seconde ligne, M. *Alexandre Véronnet* obtient 30 suffrages. Il y a 4 bulletins blancs.

En conséquence la liste présentée à M. le Ministre de l'Éducation nationale comprendra :

En première ligne......... M. **Jean Dufay**
En seconde ligne.......... M. **Alexandre Véronnet**

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° N. N. Zubov. *Théorie élémentaire des Marées* (en langue russe). (Présenté par M. E. Fichot.)

2° *Le métabolisme de l'azote. Dépenses, besoins, couverture*, par Émile-F. Terroine. (Présenté par M. L. Lapicque.)

3° *Hygiène méditerranéenne. Ier Congrès international, Marseille, du* 20 *au* 25 *septembre* 1932. Publié par Ch. Broquet. (Présenté par M. E. Roux.)

4° A. Paillot. *L'infection chez les insectes. Immunité et symbiose.* (Présenté par M. E. Roux.)

5° P. Lecomte du Noüy. *Méthodes physiques en Biologie et en Médecine.* (Présenté par M. E. Roux.)

6° *Atlas des Colonies françaises, Protectorats et Territoires sous mandat de la France*, publié sous la direction de G. Grandidier : *Madagascar*, par G. Grandidier, *La Réunion, Kerguélen, Comores, Saint-Paul, Amsterdam, Crozet*, par Louis-Philippe May; *Indochine*, par E. Chassigneux; *Algérie — Tunisie — Maroc*, par E.-F. Gautier. (Présenté par M. R. Bourgeois.)

7° S. Ansbacher. *Une étude de chimiothérapie de la tuberculose.*

GÉOMÉTRIE. — *Sur une extension des formules de Frenet dans l'espace complexe et leur image réelle.* Note [1] de M. **O. Borůvka**, présentée par M. Élie Cartan.

1. Plongeons-nous dans l'espace hermitien parabolique K_r à $r(>1)$ dimensions, déterminé par l'ensemble d'une forme linéaire z^0 et d'une forme hermitienne $z^1\bar{z}^1+\ldots+z^r\bar{z}^r$. Prenons dans K_r une courbe analytique (appartenant à cet espace), lieu des points $z^\alpha=f^\alpha(z)$, $1\leqq\alpha\leqq r$, les f étant des fonctions analytiques d'une variable complexe $z=x+iy$. A chaque point M de la courbe associons r vecteurs $n_\alpha=u_\alpha(x,y)+iv_\alpha(x,y)$,

[1] Séance du 3 juillet 1933.

$0 \leqq \alpha \leqq r-1$, les u, v étant des fonctions analytiques des deux variables réelles x, y, de manière que : 1° ils soient unitaires et rectangulaires deux à deux; 2° pour $0 \leqq \alpha \leqq r-1$ les vecteurs $n_0, \ldots, n_\alpha$ soient dans l'espace osculateur d'ordre $\alpha+1$ de la courbe au point M. Les vecteurs $d\mathrm{M}$, dn_α sont alors des combinaisons linéaires des vecteurs n. Si l'on multiplie les vecteurs n_α par des facteurs de la forme exp. (it), t réel, les nouveaux vecteurs désignés encore par n_α satisfont à 1° et 2°. On en peut profiter pour faire en sorte que les combinaisons en question soient de la forme ($\alpha = 0, 1, \ldots, r-1$)

$$d\mathrm{M} = (\omega_1 + i\omega_2)\, n_0,$$
$$dn_\alpha = -\mathrm{R}_\alpha(\omega_1 - i\omega_2)\, n_{\alpha-1} - i\varpi_\alpha n_\alpha + \mathrm{R}_{\alpha+1}(\omega_1 + i\omega_2)\, n_{\alpha+1},$$

les termes en n_{-1}, n_r étant à supprimer et les ω, ϖ étant des formes de Pfaff réelles en dx, dy telles que $\varpi_0 + \ldots + \varpi_{n-1} = 0$, les R étant enfin des fonctions analytiques réelles et positives de x, y. Ces formules représentent une espèce de formules de Frenet pour l'espace K_r, les droites (complexes) passant par un point M de la courbe et déterminées par les différents vecteurs n_α correspondants jouant le rôle de la tangente ($\alpha = 0$) et des normales successives ($\alpha \geqq 1$), et les fonctions R celui des courbures scalaires de la courbe au point M. Remarquons qu'elles entraînent les conditions d'intégrabilité suivantes

$$\left[(\omega_1 \pm i\omega_2)\left(\frac{d\mathrm{R}_\alpha}{\mathrm{R}_\alpha} \pm i\overline{\varpi_0 + \varpi_{\alpha-1} - \varpi_\alpha}\right)\right] = 0 \qquad (\alpha = 1, \ldots, r-1)$$

et qu'on peut prendre

$$\omega_1 = (\mathrm{R}_1^{r-1}\mathrm{R}_2^{r-2}\ldots\mathrm{R}_{r-1})^{-\frac{2}{r(r+1)}}\,dx, \qquad \omega_2 = (\mathrm{R}_1^{r-1}\mathrm{R}_2^{r-2}\ldots\mathrm{R}_{r-1})^{-\frac{2}{r(r+1)}}\,dy.$$

2. Faisons la représentation de l'espace K_r sur l'espace euclidien réel S_{2r} à $2r$ dimensions de manière que l'image du point (vecteur)

$$z^1 = x^1 + ix^2, \qquad \ldots, \qquad z^r = x^{2r-1} + ix^{2r} \qquad (x \text{ réels})$$

de l'espace K_r soit dans S_{2r} le point (vecteur) $x^1, x^2, \ldots, x^{2r}$. Dans cette représentation, du reste isométrique, l'image de la courbe (M) est une surface (M^*) caractéristique (dans le sens de M. Levi-Civita), dont les équations sont de la forme $x^{2\alpha-1} = \mathrm{U}^\alpha(x, y)$, $x^{2\alpha} = \mathrm{V}^\alpha(x, y)$, $1 \leqq \alpha \leqq r$, les U^α, V^α étant des fonctions harmoniques associées. De plus, l'image de la figure formée, en chaque point M de la courbe, par l'espace osculateur d'ordre α (qui est naturellement à α dimensions), $1 \leqq \alpha \leqq r$, et par la tangente et les normales successives, est la figure formée, au point M^* correspondant, par

l'espace osculateur de la surface d'ordre α [qui est alors à 2α dimensions, de sorte qu'il y a au point M^* $r-1$ espaces principaux (¹) de la surface qui sont des plans] et par le plan tangent et les plans principaux successifs. Les plans en question sont donc caractéristiques; en conséquence ils coupent les deux espaces linéaires imaginaires I, $\bar{\mathrm{I}}$ à $r-1$ dimensions, situés sur la quadrique absolue, (I) $x^{2\alpha-1}+ix^{2\alpha}=0$, ($\bar{\mathrm{I}}$) $x^{2\alpha-1}-ix^{2\alpha}=0$, ($\alpha=1, \ldots, r$). Finalement pour $1\leqq\alpha\leqq r-1$ la courbure scalaire de la courbe au point M a pour la surface (M^*) la signification simple suivante : Au point M^* correspondant l'indicatrice de courbure normale d'ordre α est une circonférence centrée au point M^* et de rayon $R_1 R_2 \ldots R_\alpha$.

3. Les surfaces caractéristiques dont nous venons de parler entraînent, évidemment, pour $r=2$, les surfaces de Kwietniewski et Kommerell que l'on considère en relation avec la théorie des fonctions analytiques de deux variables complexes (²). Signalons à leur sujet encore les résultats suivants :

Pour qu'une surface dans S_{2r} soit caractéristique, il faut et il *suffit* que, dans chaque point M^* de la surface : *a*, l'espace osculateur de la surface d'ordre α soit à 2α dimensions ($1\leqq\alpha\leqq r$); *b*, toutes les indicatrices de courbures normales soient des circonférences centrées en M^*; ou bien *b'*, le plan tangent et tous les plans principaux soient caractéristiques. Chaque surface caractéristique est le lieu des points d'intersection des espaces complexes conjugués à r dimensions appartenant à deux variétés complexes conjuguées d'espaces à r dimensions passant respectivement par les deux espaces I et $\bar{\mathrm{I}}$ et dépendant analytiquement d'une variable complexe z resp. $\bar{z}$. Inversement, un tel lieu de points est toujours une surface caractéristique (³).

4. On peut étendre les raisonnements précédents et considérer plus généralement les surfaces plongées dans un espace S_{2r} à $2r$ dimensions à courbure constante *quelconque*, caractérisées par les propriétés *a* et *b* ci-dessus. Il y a encore un prototype complexe de telles surfaces représenté par une espèce de formules de Frenet dans un espace complexe à r dimensions doué d'une métrique hermitienne (à courbure constante). Tandis que par exemple il n'y a pas dans l'espace K_r considéré plus haut de courbes analytiques dont toutes les courbures scalaires R soient des constantes, il y en a si la métrique de l'espace complexe ambiant a été

(¹) Pour la notion des espaces principaux et des indicatrices de courbures normales, voir mon Mémoire (*Publ. Fac. Sci. Univ. Masaryk*, 165, 1932).

(²) Voir par ex. B. Segre, *Rend. Sem. Mat. Roma*, 7, 1931, parte II, p. 59-107.

(³) Pour $r=2$ voir par exemple ma Note, *Comptes rendus*, 187, 1928, p. 334.

choisie à courbure *positive* convenable, et les surfaces représentatives correspondantes dans S_{2r} (à courbure positive) sont fournies par les fonctions sphériques de Laplace d'ordre r [1].

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une nouvelle formule dans les équations linéaires elliptiques et une application au problème de Cauchy.* Note de M. **Hans Lewy**, présentée par M. Hadamard.

Une légère modification de ma méthode pour prouver l'unicité [2] dans le problème de Cauchy pour une équation elliptique et analytique en deux variables donne, dans le cas d'une équation linéaire,

$$(1) \qquad \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + a(x, y)\frac{\partial u}{\partial y} + b(x, y)\frac{\partial u}{\partial y} + \lambda(x, y)u = 0,$$

toutes les solutions réelles $u(x, y)$, existant au voisinage de l'origine, sous la forme

$$(2) \qquad u(x, y) = \Re\left\{ k(x, y)\, f(0) + \int_0^1 \mathrm{K}(x, y;\, tx, ty)\, f[\, t(x+iy)]\, dt \right\},$$

où k est une fonction analytique de x et y, f est une fonction analytique *quelconque* de l'argument complexe $z = x + iy$ au voisinage de l'origine et $\mathrm{K}(x, y;\, \xi, \eta)$ est une fonction à valeur généralement complexe, qui dépend analytiquement de x et de y et de ξ et de η, et qui est une certaine fonctionnelle de a, b, λ. [D'une manière analogue, on obtient *toutes* les solutions u de (1) *qui n'existent que dans un demi-voisinage* D $\{y \geqq 0\}$ *de l'origine*, en prenant, dans (2), pour $f(z)$ une fonction analytique définie, elle aussi, dans D et non prolongeable à travers l'axe des x]. Partant des valeurs de u et de ses dérivées sur $y = 0$, il est d'ailleurs facile de déterminer la fonction f, qui est, d'une manière précise, la valeur de u sur une des deux surfaces caractéristiques à deux dimensions [« mégalignes » caractéristiques, dans la terminologie de M. Hadamard [3]] qui passent par l'origine.

On tire de la formule (2) la conséquence suivante. Considérons les deux

---

[1] Au sujet de ces surfaces voir ma Note, *Comptes rendus*, 190, 1930, p. 1336.

[2] *Math. Ann.*, 104, 1931, p. 325.

[3] *Le problème de Cauchy et les équations aux dérivées partielles linéaires hyperboliques* (édition française). Paris, Hermann, 1932, Appendice III, p. 512.

équations

(3) $$\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \lambda(x, y) v = 0$$

(λ analytique et $\neq 0$ dans un voisinage de l'origine)

et

(4) $$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = 0.$$

Prenons une solution v de (3), *existant sur* D, *et dont les valeurs aux limites* ($y = 0$) *ne soient fonction analytique de x sur aucun segment de l'axe des x; alors il n'y aura aucune solution u de* (4), *définie dans* D *et qui prenne, ainsi que ses dérivées premières, les mêmes valeurs sur $y = 0$.*

En d'autres termes, le problème de Cauchy à données initiales non-analytiques n'est jamais simultanément résoluble pour les équations (3) et (4). Ou encore :

Deux surfaces $u(x, y)$ et $v(x, y)$, solutions respectives de (4) *et* (3) *dans* D, *qui sont tangentes l'une à l'autre pour $y = 0$, y sont analytiques par parties et par suite prolongeables à travers l'axe des x en tant que solutions de* (4) *et de* (3).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une propriété des séries de Fourier des fonctions de carré sommable* [1]. Note de M. **Raphaël Salem**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Soit la série

(1) $$\sum_{1}^{\infty} \rho_n \cos(nx - \alpha_n),$$

la série $\Sigma\rho_n^2$ étant convergente. Supposons que la convergence soit telle, qu'à partir d'une certaine valeur de n on ait

(2) $$\sum_{p=n+1}^{\infty} \rho_p^2 < \frac{A}{\log n (\log_2 n)^2 \ldots (\log_{\mu-1} n)^2 (\log_\mu n)^a},$$

A étant une constante positive, μ un entier fixe quelconque [2] et a un exposant supérieur à 2. Nous allons montrer que, dans ce cas, *les ρ_n étant*

---

(1) Au sens de M. Lebesgue.

(2) Suivant l'usage $\log_2 n$ désigne $\log(\log n)$ et $\log_\mu n$ désigne $\log(\log_{\mu-1} n)$.

donnés à l'avance, on peut choisir les α_n de façon que la série (1) soit la série de Fourier d'une fonction *continue*.

Soit $n_1, n_2, \ldots, n_k, \ldots$ une suite d'entiers croissant indéfiniment. Posons

$$\varphi_0(x) = \sum_{p=1}^{p=n_1} \rho_p \cos(px - \alpha_p), \qquad \ldots, \qquad \varphi_k(x) = \sum_{p=n_k+1}^{p=n_{k+1}} \rho_p \cos(px - \alpha_p), \qquad \ldots;$$

$\varphi_k(x)$ est la partie réelle de $\sum_{p=n_k+1}^{p=n_{k+1}} \rho_p e^{pix - i\alpha_p}$ et, dans une précédente Note [1], nous avons montré qu'on peut choisir les α_p de façon que le module de ce polynome soit inférieur à

$$C\sqrt{\log(n_{k+1} - n_k)} \sqrt{\sum_{p=n_k+1}^{p=n_{k+1}} \rho_p^2},$$

C étant une constante absolue. En tenant compte de (2), on voit qu'on peut déterminer les α_p de façon que l'on ait

$$|\varphi_k(x)| < C \sqrt{\frac{A \log n_{k+1}}{\log n_k (\log_2 n_k)^2 \ldots (\log_{\mu-1} n_k)^2 (\log_\mu n_k)^a}}.$$

Prenons $n_k = 3^{3^k}$; alors

$$\operatorname{Log} n_k = 3^k \operatorname{Log} 3, \qquad \operatorname{Log}_2 n_k > k, \qquad \operatorname{Log}_3 n_k > \operatorname{Log} k, \qquad \ldots.$$

Donc

$$|\varphi_k(x)| < \frac{C\sqrt{3A}}{k \operatorname{Log} k \operatorname{Log}_2 k \ldots \operatorname{Log}_{\mu-3} k (\operatorname{Log}_{\mu-2} k)^{\frac{a}{2}}},$$

ce qui entraîne la convergence de la série $\Sigma |\varphi_k(x)|$ puisque $a > 2$. La fonction

$$f(x) = \sum_{k=0}^{\infty} \varphi_k(x)$$

est donc une fonction continue. Or sa série de Fourier est précisément la série (1). Notre théorème est donc démontré [2]. Il s'applique, en particu-

---

(1) *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1776.

(2) Il est à peine besoin de faire remarquer que notre raisonnement ne permet nullement d'affirmer ou de nier la *convergence* de la série (1). En fait, on voit facilement que la condition (2) entraîne la convergence de $\Sigma \rho_n^2 \log n$: donc, d'après un théorème de Kolmogoroff et Seliverstoff (*Rend. R. Accad. dei Lincei*, III, 1926, p. 307-310), la série (1) converge presque partout.

lier, aux cas simples où

$$\rho_n < \frac{1}{n^{\frac{1}{2}+\varepsilon}}, \qquad \rho_n < \frac{1}{\sqrt{n}(\operatorname{Log} n)^{1+\varepsilon}},$$

ε étant positif.

S'il était possible d'affirmer l'existence de la constante D dont il est question dans la Note citée ci-dessus, notre théorème s'appliquerait à toutes les séries de carré sommable, sans faire d'hypothèse particulière sur le reste de $\Sigma\rho_n^2$. Il suffirait, en posant

$$\sum_{p=n+1}^{\infty} \rho_p^2 = \frac{1}{\Omega(n)},$$

de choisir les n_k de façon à rendre convergente la série $\sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{\Omega(n_k)}}$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Topologie et équations fonctionnelles.* Note de MM. **Jean Leray** et **Jules Schauder**, présentée par M. Henri Villat.

1. Soit un espace abstrait, $\mathcal{E}$, normé, linéaire et complet [1]; un ensemble ouvert [2], ω de $\mathcal{E}$; enfin une transformation fonctionnelle,

$$y = x - \mathcal{F}(x) = \Phi(x) \tag{1}$$

définie sur $\overline{\omega}$; $\mathcal{F}(x)$ *n'est pas supposée linéaire*, mais est supposée *complètement continue* [3] (vollstetig), et ne doit prendre que des valeurs appartenant à $\mathcal{E}$. Nous avons pu définir, en accord avec les célèbres travaux de M. Brouwer [4], le degré topologique, $d[\Phi, \omega, b]$ de la transformation Φ en un point b étranger à $\Phi(\omega')$, en sorte que les propriétés bien connues de ce degré continuent à être exactes. Indiquons brièvement notre définition : nous supposons b en o; nous posons

$$h = \text{minimum de la distance de o à } \Phi(\omega');$$

(1) Au sens de M. Banach (cf. *Fund. Math.*, 3, 1919, p. 133-181).

(2) Nous désignerons par ω' la frontière de ω; par $\overline{\omega} = \omega + \omega'$ son ensemble de fermeture.

(3) C'est-à-dire $\mathcal{F}(x)$ est continue et $\mathcal{F}(x)$ transforme tout ensemble borné en un ensemble compact.

(4) *Math. Annalen*, 71, 1924, p. 97-115.

nous envisageons l'une des transformations fonctionnelles $\mathcal{F}_h(x)$ qui approchent $\mathcal{F}(x)$ à h près et dont toutes les valeurs font partie d'un même sous-ensemble linéaire de $\mathcal{E}$, à nombre fini de dimensions n; soit ω_n l'intersection, supposée non vide, de ω par ce sous-ensemble; soit $\Phi_h(x) = x - \mathcal{F}_h(x)$; nous posons

$$d[\Phi, \omega, 0] = d[\Phi_h, \omega_n, 0]$$

(la définition de ce deuxième degré résulte des travaux de M. Brouwer), en démontrant que le choix de Φ_h et ω_n n'affecte pas la valeur de $d[\Phi, \omega, 0]$.

2. Nous nommons *indice total* des solutions de l'équation

$$x - \mathcal{F}(x) = 0 \tag{2}$$

qui sont contenues dans ω le degré en o de la transformation (1).

Théorème. — Supposons que l'équation (2) dépende continûment [1] d'un paramètre k variable sur un segment K de l'axe réel. Soit un ensemble ouvert et borné Ω de l'espace [2] $[\mathcal{E}_x K]$, tel que $\mathcal{F}$ soit définie sur $\overline{\Omega}$ et que Ω' ne contienne aucune solution de (1). Alors l'indice total [3] des solutions intérieures à Ω est le même pour toutes les valeurs de k. Il en résulte que *l'existence d'au moins une solution de* (2) est assurée pour chaque valeur de k *quand on connaît un point de* K *où cet indice total diffère de zéro*.

3. Le champ *d'applications de ce théorème d'existence* est vaste, il contient en particulier les problèmes aux limites relatifs aux équations aux dérivées partielles du second ordre et du type elliptique : nous avons réussi à généraliser des théorèmes d'existence bien connus de M. S. Bernstein [4]. Bornons-nous ici au problème de Dirichlet concernant l'équation quasi linéaire

---

(1) $\mathcal{F}(x)$, qui est complètement continue en x, est supposée uniformément continue en k.

(2) $[\mathcal{E} \times K]$, espace produit des espaces $\mathcal{E}$ et K, est l'ensemble des couples (x, k) d'éléments x de $\mathcal{E}$, k de K. Un point γ intérieur à un ensemble E de $[\mathcal{E} \times K]$ est un point tel que tout point de $[\mathcal{E} \times K]$ suffisamment voisin de γ appartient à E : l'ensemble ouvert Ω peut contenir des points (x, k) tels que k soit une extrémité de K.

(3) Si à une valeur de k ne correspond aucun point intérieur à Ω, alors l'indice total est par définition zéro.

(4) Voir *Encyclopädie der Math. Wissenschaft, Analysis*, II, C.12, p. 1327-1328. M. Bernstein fait des hypothèses entraînant l'unicité de la solution des problèmes qu'il se pose; notre théorie permet de s'en libérer; c'est ainsi que M. Bernstein étudie l'équation (5) dans le cas où z n'y figure pas.

du type elliptique :

$$(3)\qquad \sum_{\substack{i=1,2,\ldots,n\\ j=1,2,\ldots,n}} A_{ij}\left[x_1, \ldots, x_n; z; \frac{\partial z}{\partial x_1}, \ldots, \frac{\partial z}{\partial x_n}; k\right]\frac{\partial^2 z}{\partial x_i \partial x_j} = D\left[x_1, \ldots, x_n; z; \frac{\partial z}{\partial x_1}, \ldots, \frac{\partial z}{dx_n}; k\right];$$

les valeurs frontières de z sont supposées données en fonction de k. Nous avons réussi [1] comme suit à transformer le problème en une équation fonctionnelle, $z = Z(z, h)$, *qui soit du type* (1) : nous avons introduit la fonction Z qui satisfait les conditions aux limites données et l'équation

$$(4)\qquad \sum_{\substack{i=1,2,\ldots,n\\ j=1,2,\ldots,n}} A_{ij}\left[x_1, \ldots, x_n; z; \frac{\partial z}{\partial x_1}, \ldots, \frac{\partial z}{\partial x_n}; k\right]\frac{\partial^2 Z}{\partial x_i \partial x_j} = D\left[x_1, \ldots, x_n; z; \frac{\partial z}{\partial x_1}, \ldots, \frac{\partial z}{\partial x_n}; k\right].$$

D'où, en particulier, les résultats suivants :

THÉORÈME. — *Si* K *contient un point* k_0 *en lequel*

$$D(x_1, x_2, \ldots, x_n; z; p_1, \ldots, p_n; k_0] \equiv 0$$

si les dérivées $\partial z/\partial x_i$ *de toutes les solutions de* (3) *qui correspondent aux divers points de k restent bornées et satisfont* [2] *dans leur ensemble à une même condition de Hölder; alors le problème de Dirichlet considéré possède une solution quelle que soit la valeur de k dans* K [3].

Corollaire. — Le problème de Dirichlet concernant le cercle et l'équation du type elliptique :

$$(5)\qquad A\left(x, y, z, \frac{\partial z}{\partial x}, \frac{\partial z}{\partial y}\right)\frac{\partial^2 z}{\partial x^2} + 2B(\ldots)\frac{\partial^2 z}{\partial x \partial y} + C(\ldots)\frac{\partial z^2}{\partial y^2} = 0$$

admet toujours au moins une solution.

Les considérations s'appliquent aussi aux équations elliptiques les plus générales.

---

[1] Nous avons eu besoin de théorèmes que M. Schauder publiera incessamment dans la *Math. Zeitschrift*.

[2] Dans le cas où $n = 2$ nous avons seulement besoin de savoir que les dérivées $\partial z/\partial x_i$ sont bornées dans leur ensemble.

[3] Nous utilisons le théorème de M. Rado sur les Sattelfunktionen (*Act. Lit. Ac. Scient.*, 4, 1924-1926, p. 228-253; Von NEUMANN, *Abh. d. Math. Sem. Hamburg*, 8, 1931, p. 28-31).

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Quelques propriétés des fonctions croissantes.* Note [1] de M. **Ch. Fousianis**, présentée par M. Émile Borel.

Soit une fonction $\mu(x)$ croissante telle que le rapport $\mu(x)/x$ soit également croissant et supposons que l'inégalité

$$\mu[x+\sigma(x)] < \theta\mu(x) \qquad (\theta > 1)$$

est satisfaite à partir d'une valeur de x, $\sigma(x)$ désignant une fonction positive.

Considérons encore une autre fonction $f(x)$, qui croît plus vite que $\mu(x)$ et vérifie l'inégalité

$$(1) \qquad f\left(x+\sigma(x)\frac{\mu(x)}{f(x)}\right) > \rho f(x) \qquad (\rho > \theta),$$

à partir d'une valeur de x.

Ensuite, nous posons

$$\sigma(x)\frac{\mu(x)}{f(x)} \equiv \frac{1}{U(x)},$$

alors

$$f\left(x+\frac{1}{U(x)}\right) > \rho f(x).$$

Comme nous avons

$$U\left(x+\frac{1}{U(x)}\right) < k\,U(x) \qquad (k > 1),$$

en vertu du théorème classique de Borel, on en déduit

$$\frac{f\left(x+\frac{1}{U(x)}\right)}{U\left(x+\frac{1}{U(x)}\right)} > \rho_1\frac{f(x)}{U(x)} \qquad \left(\rho_1 = \frac{\rho}{k} > 1 \text{ en prenant } k < \rho\right),$$

ou bien

$$(2) \quad m\left(x+\frac{1}{U(x)}\right) > \rho_1 m(x) \qquad \text{avec} \quad m(x) \equiv \frac{f(x)}{U(x)} \equiv \sigma(x)\mu(x) \quad \text{et} \quad \rho_1 > 1.$$

Nous posons $\mu(x)/x \equiv R(x)$.

Si le rapport $\sigma(x)/x$ tend vers l'infini, alors à partir d'une certaine valeur de x, on aura

$$x+\sigma(x) = x\left[1+\frac{\sigma(x)}{x}\right] > \theta x,$$

---

[1] Séance du 26 juin 1933.

et étant donné que la fonction $R(x)$ est croissante, nous aurons

$$[x+\sigma(x)]R[x+\sigma(x)]>\theta x R(x), \quad \text{c'est-à-dire} \quad \mu[x+\sigma(x)]>\theta\,\mu(x),$$

donc il est impossible que $\sigma(x)$ croisse plus vite que x, par conséquent le rapport $\sigma(x)/x \equiv q(x)$, pour $\lim x=\infty$, tendra vers une limite $\lambda \geqq 0$, alors vers la même limite λ tendra aussi la fonction $q[x+\varphi(x)]$, pour $\lim x=\infty$, si $\varphi(x)$ désigne une fonction quelconque, positive pour toutes les valeurs positives de x.

Par conséquent, le rapport

$$\frac{q[x+\varphi(x)]}{q(x)}$$

tendra à l'unité quand x tend vers l'infini.

Donc, nous aurons, à partir d'une valeur de x, l'inégalité

$$q[x+\varphi(x)]<K_1 q(x) \qquad (K_1>1).$$

Nous supposons que

$$\lim\frac{\varphi(x)}{x}=0, \qquad \text{pour } \lim x=\infty,$$

alors on aura, à partir d'une valeur de x,

$$x+\varphi(x)=x\left[1+\frac{\varphi(x)}{x}\right]<K_2.x \qquad (K_2>1),$$

on en déduit

$$[x+\varphi(x)]q[x+\varphi(x)]<K_1K_2 x\,q(x), \quad \text{c'est-à-dire} \quad \sigma[x+\varphi(x)]<\alpha\,\sigma(x).$$

Nous pouvons appliquer ce résultat, pour

$$\varphi(x)\equiv\sigma(x)\frac{\mu(x)}{f(x)}\equiv x\,q(x)\frac{\mu(x)}{f(x)},$$

parce que le rapport $\varphi(x)/x\equiv q(x)\,\mu(x)/f(x)$ tend vers zéro, étant donné que, par hypothèse, nous avons $\lim \mu(x)/f(x)=0$ pour $\lim x=\infty$. Nous aurons ainsi

$$\sigma\left[x+\sigma(x)\frac{\mu(x)}{f(x)}\right]<\alpha\,\sigma(x) \qquad (\alpha>1).$$

Or, par hypothèse,

$$\mu[x+\sigma(x)]<\theta\,\mu(x) \quad \text{ou bien} \quad \mu\left[x+\sigma(x)\frac{\mu(x)}{f(x)}\right]<\theta\,\mu(x);$$

donc

$$m\left[x+\sigma(x)\frac{\mu(x)}{f(x)}\right]<\alpha\theta\, m(x),$$

ce qui contredit l'inégalité (2), parce que nous pouvons prendre $\alpha\theta \leqq \rho_1$. Donc l'inégalité (1) est impossible; alors nous aurons

$$f\left[x+\sigma(x)\frac{\mu(x)}{f(x)}\right] < \rho f(x).$$

Nous avons donc démontré le théorème suivant :

Théorème. — *Soit $\mu(x)$ une fonction croissante telle que le rapport $\mu(x)/x$ soit constamment croissant; si l'inégalité*

$$\mu[x+\sigma(x)] < \theta\mu(x) \qquad (\theta > 1)$$

est satisfaite à partir d'une valeur de x, alors toutes les fonctions $f(x)$, qui croissent plus vite que $\mu(x)$, satisfont à l'inégalité

$$f\left[x+\sigma(x)\frac{\mu(x)}{f(x)}\right] < \rho f(x) \quad \text{avec} \quad \rho > 0,$$

$\sigma(x)$ désignant une fonction positive.

MÉCANIQUE. — *Les principes d'une Mécanique générale.* Note de M. **Jean-Louis Destouches**, présentée par M. Louis de Broglie.

L'étude des diverses théories quantiques nous a amené à l'idée de Mécaniques ponctuelles et ondulatoires dans des espaces abstraits : ainsi avons-nous élargi sur le plan abstrait la notion de mécanique. D'autre part, nous avons montré [1] que toutes les Mécaniques, soit ponctuelles, soit ondulatoires, qu'on utilise possèdent entre elles de nombreuses analogies et des propriétés communes. Ces analogies nous ont suggéré l'idée d'englober toutes les Mécaniques ponctuelles dans une Mécanique ponctuelle générale, toutes les Mécaniques ondulatoires dans une Mécanique ondulatoire générale, à l'exemple de l'Analyse générale de M. Fréchet.

Ce sont les principes de la Mécanique ponctuelle générale que nous allons chercher ici à édifier en énonçant ses concepts et postulats.

Espace configuratif général. — Pour qu'une mécanique générale puisse être construite, il faut qu'au préalable on puisse définir un espace configuratif général, que nous désignerons par espace ($\mathcal{C}$), venant englober les divers espaces configuratifs.

Il nous semble, et nous en exposerons les raisons dans un travail plus

---

[1] *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 1374; 196, 1933, p. 529 et 1955; *Thèse de Doctorat*, Paris, 1933.

développé, qu'on doive adopter comme espace configuratif général un espace *distancié, vectoriel, séparable, complet.*

Cinématique abstraite générale. — Comme en Mécanique classique, on doit faire précéder l'étude de la dynamique d'une étude de la cinématique, ce qui nous amène à l'idée d'une cinématique abstraite générale. On la construit en généralisant convenablement certaines notions de la Cinématique classique.

A partir de la notion de différentielle définie par M. Fréchet [1], on peut définir, lorsqu'elle existe, une vitesse instantanée.

Quantité de mouvement. — L'étude des théories quantiques nous a montré que certaines quantités p_i qui sont les quantités canoniquement conjuguées des coordonnées x_i doivent jouer un rôle fondamental dans une mécanique ponctuelle abstraite. Pour des espaces hilbertiens ou cartésiens, dans des systèmes de base orthonormaux, les p_i sont les composantes d'un vecteur $\vec{p}$, mais, pour certains espaces comme l'espace (n), nous avons trouvé que ces quantités p_i ne pouvaient être considérées comme les composantes d'un vecteur, mais comme les composantes de ce qu'on peut appeler un « pseudo-vecteur ».

Concepts et postulats de la Mécanique ponctuelle générale. — Dans les théories quantiques, lorsqu'on est conduit à définir une mécanique ponctuelle dans un certain espace, c'est toujours en considérant un point dont le mouvement est régi par des équations canoniques. Aussi, si l'on admet ces équations comme équations fondamentales d'une mécanique, il nous semble que les principes de la Mécanique ponctuelle générale peuvent être établis sous la forme suivante :

1° *Concept* « temps »;

2° *Postulat* 1 : Le point M se déplace dans l'espace $(\mathcal{C})$;

3° *Concept* « pseudo-vecteur quantité de mouvement »;

4° *Postulat* 2 : Le mouvement d'un point M de l'espace $(\mathcal{C})$ par rapport à un système de base est régi par le système d'équations canoniques :

$$\frac{dx_k}{dt} = \frac{\partial H}{\partial p_k}, \qquad \frac{dp_k}{dt} = -\frac{\partial H}{\partial x_k},$$

H étant une certaine fonction des x_k, p_k, t appelée *fonction hamiltonienne.*

Cette forme de présentation de la Mécanique ponctuelle générale n'est pas très satisfaisante, tandis qu'au contraire il est plus logique de partir d'un principe d'action stationnaire, comme nous l'avons montré en parti-

---

(1) *Annales de l'École Normale supérieure*, 3e série, 42, 1925, p. 293.

culier pour un espace de fonctions d'ondes, et la forme suivante nous semble présenter le plus d'avantages :

1° *Concept* « temps »,

2° *Postulat* 1 : Le point M se déplace dans l'espace ($\mathcal{C}$).

3° *Postulat* 2 : Le mouvement d'un point entre deux instants t_0 et t_1 par rapport à un certain système de base est tel que l'intégrale $\int_{t_0}^{t_1} \mathcal{L}\, dt$ soit stationnaire, $\mathcal{L}$ étant une certaine fonction du temps et des composantes de la vitesse du point mobile M, dite *fonction de Lagrange*.

Pour que, partant *a priori* de la fonction $\mathcal{L}$, on puisse parvenir à des équations canoniques, on doit supposer que les équations

$$p_k = \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial x'_k}$$

sont résolubles par rapport aux x'_k.

Pour définir une mécanique ponctuelle particulière, il faut se donner d'une part l'espace ($\mathcal{C}$), d'autre part la forme de la fonction $\mathcal{L}$.

Les Mécaniques particulières rencontrées jusqu'à maintenant peuvent être divisées en deux classes : celles des espaces hilbertiens ou cartésiens, et celles des espaces (n) ou (n_1).

Conclusion. — Tel est l'aboutissement naturel des travaux que nous avons précédemment consacrés aux théories quantiques envisagées dans leurs principes et leur armature, en les plaçant dans le cadre des mécaniques abstraites. Ces résultats une fois acquis, il était justifié de procéder à un essai de synthèse en englobant toutes les mécaniques ponctuelles en une Mécanique ponctuelle générale. C'est à ce but que tend cette Note qui vient en établir l'axiomatique. Elle nous paraît constituer la base logique de la Physique quantique. A notre avis, la Mécanique générale doit jouer en Physique quantique un rôle au moins aussi important que l'Analyse générale et les espaces abstraits en mathématiques.

DYNAMIQUE DES FLUIDES. — *Hydrodynamique et théorie cinétique des gaz : théorie de la tension superficielle.* Note de M. Y. **Rocard**, présentée par M. H. Villat.

En développant le calcul qui m'a conduit [1] aux équations du mouvement des gaz comprimés pour tenir compte des variations de densité dans

[1] *L'hydrodynamique et la Théorie cinétique des gaz*, Gauthier-Villars éditeur, 1932.

le calcul de la pression interne, j'ai pu obtenir sans difficultés le système de tensions général dans un fluide dense :

$$(1)\quad \begin{cases} P_{xx} = P - \frac{2}{3}\mu\left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial u}{\partial z}\right) \\ \qquad + 2\mu\frac{\partial u}{\partial x} - \frac{a\sigma^2\lambda}{5M^2}\left\{\rho\,\Delta\rho - \left(\frac{\partial\rho}{\partial x}\right)^2 + \frac{1}{2}\left[\left(\frac{\partial\rho}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial\rho}{\partial y}\right)^2 + \left(\frac{\partial\rho}{\partial z}\right)^2\right]\right\}, \\ P_{xy} = \mu\left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x}\right) + \frac{a\sigma^2\lambda}{5M^2}\left(\frac{\partial\rho}{\partial x}\frac{\partial\rho}{\partial y}\right), \\ P_{xz} = \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots, \end{cases}$$

P, pression donnée par l'équation d'état; ρ, densité; a, constante de pression interne de l'équation de Van der Waals; σ, diamètre de la molécule; M, masse moléculaire; λ, facteur numérique à peine plus grand que 1, dépendant de la loi de force choisie entre les molécules. De ce système de pressions et tensions, on tire des équations hydrodynamiques avec termes capillaires, dont il faudrait désormais tenir compte :

$$(2)\qquad \rho\frac{du}{dt} + \frac{\partial P}{\partial x} + \mu\,\Delta u + \frac{\mu}{3}\frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z}\right) - \frac{a\sigma^2\lambda}{5M^2}\rho\frac{\partial}{\partial x}\Delta\rho = 0.$$

Il y a des applications évidentes à la propagation du son, elles n'ont de conséquences importantes qu'au point critique, où nos termes capillaires empêchent les fluctuations en densité de devenir infinies [1].

L'étude de l'équilibre dans un fluide à densité non homogène (exemple : un liquide en présence de sa vapeur), faite avec les équations (1) ou (2), amène par contre à des résultats rendant compte de la *tension superficielle*. Celle-ci, que nous appellerons H, est donnée par

$$(3)\qquad H = \frac{a\sigma^2\lambda}{5M^2}\int\left(\frac{\partial\rho}{\partial x}\right)^2 dx,$$

si x est normal aux surfaces ρ = constante, l'intégrale portant sur toute la région où ρ varie; on retrouve ensuite toutes les lois de la capillarité : pression capillaire dépendant de la courbure, etc.

On peut expliciter H. L'équilibre d'une couche capillaire plane est régi par P_{xx} = constante (en négligeant les forces extérieures telles que la pesanteur), ce qui donne une équation différentielle en ρ. Son intégration permet le calcul de $\int\left(\frac{\partial\rho}{\partial x}\right)^2 dx$, à condition qu'on se donne une équation

(1) *J. de Phys.*, 4, 1933, p. 165.

d'état $P = P(T, \rho)$ explicite; l'équation, en fait, s'intègre par quadratures.

Au prix d'une approximation amplement justifiée numériquement, j'obtiens la formule

$$H = \sqrt{\frac{2}{5}\frac{\alpha\sigma^2\lambda}{M^2}\Delta P}\,(\rho_1 - \rho_2). \tag{4}$$

ρ_1 désignant la densité du liquide, ρ_2 celle de la vapeur, ΔP la différence de pression entre le maximum et le minimum de $P = f(\rho)$ à la température T d'après l'isotherme théorique (en effet tous les états du fluide prévus par cet isotherme théorique à l'intérieur de la région liquide-vapeur existent dans la couche capillaire et deviennent stables par suite des termes correctifs de pression capillaire). Le calcul de ΔP doit se faire avec une équation d'état valable pour les liquides. L'équation

$$P = \frac{RT\rho^2}{\left(\rho - \frac{b}{3}\right)} - \frac{a}{\rho^2}$$

que j'ai autrefois formée convient bien aux états denses. Après calcul, elle me donne ici, pour des températures un peu éloignées de T_c,

$$H = 7{,}32\sqrt{\lambda}\sigma\left(\frac{\rho_1 - \rho_2}{\rho_c}\right)P_c\left(1 - \frac{1{,}03\,T}{T_c}\right) \tag{5}$$

P_c, T_c, ρ_c étant les grandeurs critiques. Près du point critique, on montre que H s'annule comme $(T_c - T)^{5/4}$, et il est d'autre part satisfaisant de retrouver en (5) la loi de variation de Ramsay et Schieds.

Les vérifications de la formule (5) sont pratiquement parfaites pour les corps sans dipôle électrique (Hg, O^2, N^2, etc.) ou à dipôle faible et à molécule à peu près sphérique (Cl^2, C^6H^6, CCl^4, NH^3). Il y a, par contre, des écarts notables (40 pour 100 en moyenne) pour les corps à molécule très allongée et à fort dipôle permanent (eau, alcools, acétone, etc.). On sait que ces corps présentent dans la couche capillaire des effets d'orientation qui n'ont pas été pris en considération pour établir les formules (1).

On peut en tout cas énoncer une loi des états correspondants : le quotient $H/\sigma P_c$ de la tension superficielle par la pression critique et par le diamètre de la molécule est la même fonction de la température réduite T/T_c pour tous les corps dont les molécules ont un même type de force intermoléculaire.

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur quelques problèmes concernant l'écoulement des fluides parfaits compressibles.* Note de M. **Caïus Jacob**, présentée par M. Henri Villat.

1. Nous nous proposons d'étudier le mouvement plan, permanent et irrotationnel, d'un courant gazeux limité par deux lignes de jet λ, λ' de vitesse horizontale V_0 à l'infini en amont, heurtant un obstacle formé par deux lames OA, OA' symétriques par rapport à la direction OX du courant, de longueur totale $2l$ et d'angle au sommet 2μ.

On suppose que le gaz suit la loi de détente adiabatique

$$\frac{p}{\rho^\gamma} = \frac{p_0}{\rho_0^\gamma}, \tag{1}$$

p_0, ρ_0 correspondant au point O, où la vitesse est nulle, et que les vitesses des particules fluides sont inférieures à la vitesse de propagation du son.

On pose

$$V^2 = 2\alpha\tau, \qquad V_0^2 = 2\alpha\tau_0, \qquad \theta = -\operatorname{arc\,tang}\frac{\dfrac{\partial\psi}{\partial x}}{\dfrac{\partial\psi}{\partial y}}, \qquad \beta = \frac{1}{\gamma - 1}, \qquad \alpha = (\beta + 1)\frac{p_0}{\rho_0}.$$

D'après la théorie générale de Tchapliguine (*Annales de Moscou*, 1914), la détermination de la fonction de courant ψ se ramène à l'intégration de l'équation du type elliptique

$$\frac{\partial}{\partial\tau}\left[\tau(1-\tau)^{-\beta}\frac{\partial\psi}{\partial\tau}\right] + \frac{1-(2\beta+1)\tau}{4\tau(1-\tau)^{\beta+1}}\frac{\partial^2\psi}{\partial\theta^2} = 0, \tag{2}$$

ψ prenant les valeurs $Q/2$, $-Q/2$, $(Q > 0)$, sur les lignes de jet λ, λ', et zéro sur OA, OA' et les lignes de jet qui s'en détachent.

2. En résolvant d'abord le problème analogue pour les fluides incompressibles, une légère modification de la méthode de Tchapliguine conduit aux développements suivants pour la fonction de courant ψ et le potentiel φ, dans le cas des fluides compressibles :

$$\psi = \frac{Q}{\pi}\sum_{n=1}\frac{1-\cos\dfrac{mn\pi}{\mu}}{n}\left(\frac{\tau}{\tau_0}\right)^{\frac{n\pi}{2\mu}}\frac{y_n(\tau)}{y_n(\tau_0)}\sin\frac{n\pi}{\mu}\theta, \tag{3}$$

$$\varphi = -\frac{Q}{\pi}(1-\tau)^{-\beta}\sum_{n=1}^{\infty}\frac{1-\cos\dfrac{mn\pi}{\mu}}{n}\left(\frac{\tau}{\tau_0}\right)^{\frac{n\pi}{2\mu}}\frac{y_n(\tau)}{y_n(\tau_0)}x_n(\tau)\cos\frac{n\pi}{\mu}\theta, \tag{4}$$

où m représente l'angle ($\neq 0$) que fait avec OX la direction asymptotique des lignes de jet supérieures; $y_n(\tau)$ désigne la série hypergéométrique de Gauss, $F(a_n, b_n, c_n, \tau)$, dont les éléments sont donnés par

$$(5)\qquad a_n + b_n = \frac{n\pi}{\mu} - \beta, \qquad a_n b_n = -\frac{\beta n\pi}{2\mu}\left(\frac{n\pi}{\mu} + 1\right), \qquad c_n = \frac{n\pi}{\mu} + 1.$$

On a posé

$$(6)\qquad x_n(\tau) = 1 + \frac{2\mu}{n\pi}\tau\frac{y'_n(\tau)}{y_n(\tau)}.$$

La convergence des développements (3) et (4) dans l'intervalle $(0, \tau_0)$ résulte du lemme suivant : la fonction $y_n(\tau)(1-\tau)^{-\frac{\beta n\pi}{\mu}}$ est croissante par rapport à τ, décroissante par rapport à n, si $1-(2\beta+1)\tau > 0$. (Cf. M. Henri Villat, *Cours professé à la Faculté des Sciences de Paris*, deuxième semestre, 1932-1933.)

La longueur l d'une lame, la résistance R subie par l'obstacle et la largeur $2L$ du courant à l'infini en amont, sont données par les formules

$$(7)\qquad l = \frac{Q}{V_0}(1-\tau_0)^{-\beta}\left[\frac{1-\cos m}{\sin\mu} + \pi\sum_{n=1}^{\infty}(-1)^{n-1}\frac{n}{n^2\pi^2-\mu^2}\left(1-\cos\frac{mn\pi}{\mu}\right)x_n(\tau_0)\right].$$

$$(8)\qquad R = 2Q\rho_0 V_0 \sin^2\frac{m}{2},$$

$$(9)\qquad 2L = \frac{Q}{V_0}(1-\tau_0)^{-\beta}.$$

Cas limites. — Le cas des lames de longueur infinie s'obtient en faisant $m=\mu$ dans les formules (3) et (4).

Si l'on fait tendre, dans les mêmes formules, m vers zéro, Q vers l'infini, avec la condition $\lim Qm^2 = 8\mu^2 a^2/\pi$, on obtient la fonction de courant et le potentiel pour un courant de largeur infinie, a^2 étant la valeur en A du potentiel du mouvement correspondant au fluide incompressible. Les séries obtenues sont convergentes pour $0 \leqq \tau < \tau_0$.

ASTRONOMIE COSMOGONIQUE. — *L'âge de l'Univers et l'âge de la Terre.* Note de M. **Émile Belot**, présentée par M. Ernest Esclangon.

L'opinion unanime des astronomes que les étoiles doivent leur origine aux nébuleuses s'appuie sur les mesures des rayons des supergéantes, par Michelson, mesures confirmant la théorie des étoiles géantes de Russell. Antarés a une densité de l'ordre de 10^{-8} approchant de celle des nébuleuses

noires (10^{-10} ?) qui par leur rencontre avec les étoiles ont été dépouillées de leurs éléments denses et ont laissé un résidu moins dense (10^{-15} ?) qui constitue les nébuleuses lumineuses.

L'Univers a donc du commencer par une *ère nébuleuse* où tous les éléments chimiques se sont formés à partir des constituants révélés par la désintégration des corps radioactifs ou par les transmutations opérées par les rayons α, les neutrons, les protons, et les rayons cosmiques.

De l'ère nébuleuse date l'origine de l'Univers.

L'*ère stellaire* qui suivit a vu naître les étoiles supergéantes aux dépens des nébuleuses comme je l'ai précisé dans une Note antérieure [1]. La troisième ère (*ère planétaire*) a vu naître les planètes lorsque les supergéantes arrivées par condensation au stade de géantes ont assez accéléré leur rotation pour faciliter l'émission équatoriale d'anneaux planétaires par leur choc avec les nébuleuses existant encore dans l'espace.

A priori l'âge de la formation des éléments chimiques dans l'ère nébuleuse n'a rien de commun avec la date très postérieure de leur migration dans les tourbillons stellaires rapidement condensés en étoiles, pas plus qu'avec la date relativement récente de l'émission des anneaux planétaires par les étoiles.

Or il semble bien que dans les recherches radioactives basées sur la teneur des minéraux en hélium ou sur le rapport du plomb à la proportion du thorium et de l'uranium, une erreur capitale ait confondu toutes les dates précitées en prétendant trouver ainsi l'âge de la Terre qui varierait entre 500 et 3000 millions d'années suivant les minéraux analysés.

J'ai déjà signalé [2] que la méthode radioactive appliquée aux minéraux de la croûte terrestre devait donner l'âge de la nébuleuse rencontrée par le protosoleil, parce que la Terre avec sa croûte déjà formée a dû traverser pendant des siècles cette nébuleuse en en captant surtout les éléments denses.

Une confirmation récente de mon point de vue m'est donnée par un Mémoire d'Öpik intitulé *Les Météorites et l'âge de l'Univers* et publié par *Popular Astronomy* (février 1933, p. 71). Il y discute les analyses radioactives du professeur Paneth qui a trouvé pour 24 météorites un âge variant de 500 à 3000 millions (même résultat que par les minéraux ter-

---

(1) *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 1321.

(2) *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 1327.

restres). Sur les conseils de Shapley, le professeur Paneth a analysé aussi la météorite de Pultusk (30 janvier 1868), dont l'orbite certainement hyperbolique prouve son origine extra-solaire. Il a trouvé 500 millions d'années pour son âge.

Tous ces résultats concordants et prévus par notre cosmogonie dualiste montrent que l'âge de l'Univers calculé par les méthodes radioactives est variable sans doute en raison de la variation de la masse et de la composition chimique des nébuleuses primitives.

Dans ma Note de 1926, j'ai indiqué pour l'âge de la Terre, 330 millions d'années; au moment où le protosoleil géant avait un rayon égal à 62,3 fois celui du Soleil. Il a dû être supergéant avec un rayon 215 valant celui de l'orbite terrestre.

Au même taux de réduction de son rayon que depuis la naissance de la Terre, il avait le rayon 215 il y a 1140 millions d'années, âge qui est bien dans les limites de l'âge de l'Univers.

Cet âge est en contradiction avec l'estimation de Jeans (cent mille milliards d'années). Par contre, les valeurs ci-dessus sont en bon accord avec d'autres faits et théories : l'équipartition de l'énergie et l'homogénéité de la structure galactique sont très loin d'être réalisées. Les théories d'expansion de l'Univers d'Eddington et de Lemaître, ainsi que l'expansion des nébuleuses extragalactiques, montrent que « l'Univers porte les marques de la jeunesse ». Shapley en voit une autre preuve dans la coexistence dans les mêmes amas globulaires de supergéantes et de petites étoiles bleues.

ASTRONOMIE. — *Sur l'observation d'un bolide.*
Note de M. **J. Comas Sola**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Le 15 mai, à 23h15m, un bolide très brillant a été visible dans toute la Catalogne. Je n'ai pu l'observer directement, car je faisais alors une photographie de petites planètes, en visant une autre région du ciel. Mais, malgré la courte durée de la visibilité du bolide (de 5 à 6 secondes), son intense lumière a voilé fortement la plaque photographique.

D'après de nombreux renseignements que j'ai reçus de plusieurs endroits, on peut résumer les caractéristiques du bolide de la manière suivante. Il fut très brillant; à 170km de distance, on pouvait lire parfaitement. D'abord il se montra blanc, puis vert, enfin rouge. Il avait une queue de filaments

lumineux et, de la tête, sortaient des jets curves de lumière qui rebroussaient vers l'arrière, en rappelant l'aspect des grandes comètes. A la fin de l'apparition, on observa comme des gouttes de feu tombant de la tête du bolide. Deux minutes environ après l'apparition du phénomène, il fut entendu comme le bruit d'un tonnerre lointain d'une durée de 15 secondes environ.

En profitant des observations faites sur les points d'apparition et de disparition du bolide et, en prenant les azimuts et hauteurs au moyen du théodolite, j'ai calculé, sur une base de 84^{km} de longueur, la trajectoire relative du météore. Dans la marge d'imprécision qu'il y a inévitablement dans ces observations, j'ai trouvé, comme hauteur du point d'apparition, 176^{km} et, pour le point de disparition, 44^{km}. La verticale du premier point tombait entre Toulouse et Castres, celle du second, sur la mer. La trajectoire visible fut de 284^{km}, avec un angle d'incidence par rapport à l'horizon de 62°. Le point de chute a dû se trouver sur la mer, à 100^{km} environ de Barcelone. La direction relative de la trajectoire était presque N-S; son angle azimutal étant de 349°. La vitesse relative moyenne était de 50 km/s; et sa vitesse héliocentrique, de l'ordre de 60 km/s. Les coordonnées équatoriales de son point d'émanation furent les suivantes : $\alpha = 5^h 41^m$; $\delta = +74°13'$.

Bien que la vitesse fut sûrement hyperbolique, j'ai calculé les éléments paraboliques, qui ont donné : $\Omega = 54°39'$; $i + 23°53'$; $q = 0,931$; $\varphi = 30°40'$; $\pi = 203°59'$. Eu égard à la vitesse héliocentrique, l'inclinaison serait de l'ordre de 40°.

En profitant du voile que le bolide a produit sur la plaque photographique, je l'ai comparé avec d'autres voiles produits par la pleine lune dans les mêmes conditions. En s'appuyant alors sur l'éclat stellaire de la Lune et tenant compte de la hauteur du bolide, j'en ai déduit que son intensité lumineuse totale était de 17000 millions de bougies décimales, intensité en accord avec d'autres estimations. En soustrayant les deux tiers pour la queue et les projections de matière lumineuse, on trouve pour la tête environ 5700 millions de bougies. Or, si l'on admet que la surface incandescente du noyau du bolide avait l'éclat du platine fondu (étalon Violle), on trouve pour le diamètre de ce noyau, supposé sphérique, 94^m, ce qui, dans l'hypothèse d'une masse unique, en fer, représente plus de 3 millions de tonnes.

Comme il est difficile d'admettre la réalité de cette grande masse, très

rare d'ailleurs parmi les météorites, on pourrait supposer (ce qui donnerait une explication plausible du changement de température révélé par le changement de couleur du bolide, de même que son extinction avant l'arrivée au sol) que le bolide, avant de pénétrer dans l'atmosphère, était formé, en réalité, par un amas de pierres en contact, réunies par la seule force gravifique, pierres qui se seraient éparpillées dans la course à travers l'atmosphère, se fondant et se volatilisant en grande partie et perdant la presque totalité de son mouvement relatif.

L'hypothèse des noyaux formés par des amas de pierres pourrait expliquer ainsi bon nombre de phénomènes présentés par les météorites de diverses catégories et même l'aspect des comètes, qui seraient le résultat des concentrations de corpuscules. Un bolide comme celui du 15 mai ne serait, au fond, qu'une petite comète qui se serait choquée avec la Terre.

CAPILLARITÉ. — *Phénomène de capillarité observé avec les huiles d'animaux marins.* Note (1) de M. **Henri Marcelet**, présentée par M. C. Matignon.

Lors des déterminations des chaleurs de combustion des huiles d'animaux marins (2), j'avais été frappé des différences considérables de vitesse d'imbibition de la mèche de coton qui servait à enflammer le corps gras. J'ai recherché la cause des différences que j'avais observées.

J'ai d'abord voulu me rendre compte des vitesses, puis du maximum d'ascension de ces huiles. Pour cela j'ai fait plonger dans une série de capsules, contenant chacun un excès d'huile, des bandelettes de papier filtre de 1^{cm} de large et 50^{cm} de longueur maintenues verticalement. Les essais ont été faits à l'air, puis en atmosphère carbonique pour constater les modifications dues à l'oxydation des corps gras. Les ascensions ont été notées en millimètres en fonction du temps. J'ai constaté :

1° Que l'oxydation ralentissait la vitesse d'ascension et abaissait le maximum d'ascension;

2° Que l'élévation de ces corps gras dans le papier n'est pas influencée

(1) Séance du 12 juin 1933.

(2) *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 604.

par leur densité, leur viscosité ou même leur constitution chimique : deux huiles de composition totalement différente peuvent s'élever à la même hauteur.

J'ai alors déterminé le poids moléculaire de ces corps gras et ayant établi des graphiques dans lesquels je portais en abscisses ces poids et en ordonnées les hauteurs atteintes, j'ai constaté que l'ascension des huiles est en fonction décroissante de leur poids moléculaire. Plus celui-ci est faible, plus l'ascension est grande. Les essais ont été faits avec 30 échantillons d'huiles provenant de 22 animaux différents. Le poids moléculaire de ces huiles s'est échelonné entre 399 et 1494.

J'ai constaté, au cours des ascensions, notamment avec des huiles colorées, une sélection très nette des constituants du corps gras, ce qui pourrait, peut-être, permettre leur séparation par un siphonnage à réaliser.

J'ai ensuite contrôlé les résultats obtenus en partant d'un excès d'huile, en opérant au contraire avec une seule goutte d'huile de poids connu pour un excès de papier et en faisant varier les conditions d'étalement :

a. En déposant la goutte au milieu de la bandelette de papier maintenue verticalement.

b. En déposant la goutte au bas de la bandelette toujours maintenue verticalement.

c. En déposant la goutte sur une feuille de papier maintenue horizontalement.

Les trois séries d'expériences ont entièrement confirmé les résultats observés lorsque l'huile était en excès : l'ascension ou l'étalement sont en fonction décroissante du poids moléculaire du corps gras.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Sur une nouvelle expression du vecteur radiant de Poynting*. Note (¹) de M. F. **Prunier**.

Des relations établies, au voisinage du front (²), pour un phénomène électromagnétique se propageant par ondes (au sens d'Hugoniot), on tire

(¹) Séance du 26 juin 1933.
(²) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1007.

immédiatement deux groupes de trois équations

$$MX - LY = (L^2 + M^2 + N^2)\frac{G_3}{H}, \qquad \ldots,$$

$$MX - LY = (X^2 + Y^2 + Z^2)\frac{G_3}{H}, \qquad \ldots,$$

évidemment compatibles, et trois équations de la forme

$$c(MX - LY) = \frac{1}{2}(X^2 + Y^2 + Z^2 + L^2 + M^2 + N^2)\frac{cG_3}{H}, \qquad \ldots.$$

Pour des ondes sinusoïdales de grande fréquence, les mêmes équations seraient valables dans tout l'espace avec une erreur insignifiante pour une fréquence assez élevée.

Les premiers membres sont les composantes du vecteur de Poynting, dont on obtient ainsi une expression qui paraît nouvelle. Dans les seconds membres, le facteur $1/2(X^2 + \ldots + N^2)$ représente la densité de l'énergie; le facteur $cG_{1,2,3}/H$, d'après ce que nous disions dans la Note rappelée, pourrait figurer une vitesse. Et ceci s'accorde avec la signification du vecteur radiant, mesurant le flux d'énergie dans la propagation.

Il est intéressant de remarquer aussi que les composantes $cG_{1,2,3}/H$ se transforment d'un système d'axes à un autre, en relativité restreinte, par des formules en tous points identiques aux formules de composition des vitesses.

SPECTROSCOPIE. — *Extension du spectre d'étincelle du cuivre entre* 400 *et* 240 Å. Note de MM. **Léon** et **Eugène Bloch**, présentée par M. Villard.

Nous avons publié récemment (¹) une liste des raies d'étincelle du cuivre entre 1377 et 385 Å, obtenues par photographie au moyen d'un appareil à réseau tangent dans le vide. Grâce à de nouveaux perfectionnements, nous avons pu prolonger le spectre du cuivre jusqu'à 240 Å environ. Nos clichés correspondent bien à la reproduction publiée par Edlén et Ericson et les mesures de longueurs d'onde ont été faites en utilisant les étalons du carbone d'Edlén. Dans la première partie de notre liste, les nombres donnés

(¹) L. Bloch, E. Bloch et J. Farineau, *Le Journ. de Phys. et le Rad.*, 7ᵉ série, 3, nº 10, 1932, p. 437-451.

Liste des raies du cuivre.

Int.	λ.	Millikan. *	Int.	λ.	Millikan.	Int.	λ.	Millikan.	Int.	λ.	Millikan.
1	383,33	–	1	349,59	–	2	328,70	–	00 C?	281,50	281,6
1	382,91	–	0	348,88	–	3	328,40	–	00	281,16	–
0	382,45	–	1	348,24	348,2	1	327,65	–	1 C?	280,53	–
0	379,64	–	0	347,82	–	0	327,31	–	2 C?	280,17	–
3	379,31	379,3	00	347,22	–	1 d	326,60	–	0	279,42	–
0	377,82	377,6	00	346,73	–	1	325,66	–	00	278,32	278,6
0	377,46	–	2	346,04	–	2	325,49	–	00	277,55	–
00 d	375,69	–	2	345,35	345,4	1	324,95	–	00	276,86	–
00	375,13	374,7	0	344,80	–	4	324,54	324,5	00 d	272,96	272,6
00 d	374,47	–	00	344,23	–	3	323,81	–	00	272,14	–
00 d	373,32	–	00	343,68	–	0	323,51	–	0	271,30	–
00	371,26	371,4	3	342,71	342,6	0	322,85	–	00	270,51	–
00	370,72	–	00	342,37	–				0	269,71	270,1
0	370,04	–	00	341,46	–		Extrapolé.		3 d	268,46	268,8
00 C?	369,38	–	2	340,11	–	00	311,99	312,4	3 d	267,25	–
00	368,68	–	2	339,90	339,8	00	310,76	–	0	266,69	–
0	366,86	367,0	1	339,44	–	0 C?	310,25	310,1	00	265,34	–
1	364,86	–	00	339,09	–	00	304,75	–	00	264,20	–
1 C?	363,98	364,0	00	338,71	–	0	304,12	304,2	0	263,23	–
1	362,97	–	1	338,32	–	00	303,63	–	0	262,66	–
1	361,90	–	1	336,26	–	00	303,17	–	2	262,11	262,4
2	361,28	361,0	1	335,90	335,8	00	302,43	–	1 d	261,52	–
1	360,90	–	1	335,54	–	1	301,07	–	2 d	264,98	–
3	359,87	–	0	335,10	–	0	300,13	–	0	254,52	255,0
3 C?	358,85	–	00	334,66	–	0	299,37	299,5	1	253,96	–
1	358,25	–	2	334,23	–	00	297,26	297,2	00	253,32	–
3	357,89	358,0	2	333,58	–	00 C?	291,41	–	00	252,64	252,9
0	357,31	–	0	333,09	–	1	287,94	–	00	251,81	–
00 d	356,61	–	3	332,86	333,2	1	286,63	286,5	00	250,96	–
0	355,41	355,3	0	332,41	–	1	285,66	–	00	250,03	–
0	354,82	–	00	331,80	–	0	285,10	–	0	242,07	241,9
00	353,60	353,6	00	331,54	–	3	284,75	–	00	241,58	–
00	352,98	–	0	331,22	–	3	284,38	–	0	241,05	–
00	352,29	–	2 C?	330,70	–	3	283,97	283,6	0	240,40	–
00	351,40	–	2	329,81	–	3	283,25	–			
00	350,55	–	1	329,52	–	0 d	282,40	–			
0	350,01	350,5	3	329,01	329,2	0	282,10	–			

sont généralement exacts à 1 ou 2 centièmes d'Angström près, dans la partie extrapolée, l'erreur est plus grande, surtout pour les longueurs d'onde les plus courtes. Nous avons porté en regard de nos nombres les longueurs d'onde obtenues par Millikan à l'aide d'un réseau utilisé en montage d'Eagle. L'accord général est satisfaisant, mais nos déterminations sont beaucoup plus nombreuses et plus précises que celles de Millikan.

FLUORESCENCE. — *Sur la fluorescence à raies atomiques de la vapeur d'antimoine.* Note de M. **R. Siksna**, transmise par M. M. de Broglie.

La fluorescence de la vapeur d'antimoine a été examinée par M. A. Terenin (¹) et M. J. Genard (²). Terenin a excité cette vapeur par les raies de Sb et il a trouvé que les raies excitatrices de la fluorescence atomique de Sb sont λ2311,5, λ2175,9 et λ2068,4 A. Ces raies, d'après Terenin, sont également les raies d'absorption atomique de Sb, et, dans l'absorption, elles proviennent du passage de l'atome d'antimoine du niveau non excité $^4S_{3/2}$ aux niveaux $^4P_{1/2}$(2311,5 Å), $^4P_{3/2}$(2175,9 Å) et $^4P_{5/2}$(2068,4 Å). Les autres raies observées par Terenin dans la fluorescence, correspondent aux passages de ces trois niveaux ^4P aux deux niveaux ^2D : λ2877,9 Å ($^4P_{1/2} \rightarrow {}^2D_{3/2}$), λ2670,7 Å ($^4P_{3/2} \rightarrow {}^2D_{3/2}$), λ2769,9 Å ($^4P_{3/2} \rightarrow {}^2D_{5/2}$) et λ2598,1 Å ($^4P_{5/2} \rightarrow {}^2D_{5/2}$).

En excitant la vapeur de Sb par un arc au mercure, Genard a trouvé, dans la région entre λ 2900-3500 Å, six séries du spectre de résonance de Sb moléculaire.

En étudiant la vapeur d'antimoine, nous avons mis en évidence deux nouveaux phénomènes dans sa fluorescence.

La vapeur se trouvait dans une ampoule en silice munie d'un appendice latéral afin de pouvoir faire varier la pression de la vapeur indépendamment de la température. Au moyen de deux fours électriques, il était possible de faire varier la température et la pression.

En éclairant dans ces conditions la vapeur de Sb par la lumière d'une étincelle de Cd fortement condensée, on a observé dans le spectre de la fluorescence deux raies atomiques de Sb : λ 2877,9 Å (intense) et λ 2311,5 Å

(¹) *Zeit. f. Phys.*, **37**, 1926, p. 98.
(²) *Nature*, **131**, 1933, p. 133.

(plus faible). La température de la vapeur était 950° C., la pression correspondant à la même température. En abaissant la température dans le four de pression jusqu'à 520° C., cette émission reste toujours observable, mais les raies deviennent graduellement plus faibles. A une pression correspondant à 360° C., elles ne sont plus décelables.

Les deux raies observées de Sb appartiennent à un des groupes trouvés par Terenin. On peut expliquer leur émission par une excitation purement atomique. La raie λ 2312,9 de Cd II est voisine de la raie λ 2311,5 de Sb et par conséquent cette dernière peut absorber la lumière dans les ailes de la première. Par suite de cette absorption l'atome de Sb passe de l'état $^4S_{3/2}$ à l'état $^4P_{1/2}$. Le retour $^4P_{1/2} \to {}^4S_{3/2}$ donne la raie λ 2311,5 Å et celui $^4P_{1/2} \to {}^2D_{3/2}$ la raie λ 2877,9 Å. La raie $^2D_{3/2} \to {}^4S_{3/2}$ se trouvant dans l'infrarouge n'a pas été observé.

En excitant la vapeur de Sb par la lumière d'une étincelle de Zn fortement condensée, on a observé également la fluorescence à raies atomiques de Sb, mais avec un caractère différent.

A la température de 900° C. et à la pression correspondant à la même température, on a observé, dans le spectre de fluorescence, les raies de Sb : λ 2289,0, λ 2455,5 (très faible), λ 2528,5 (très intense), λ 2598,1 (très intense), λ 2670,7, λ 2877,9, λ 3029,8, λ 3232,5 Å. On a constaté en outre dans la région λ 2900-3500 Å une émission présentant le caractère de bandes. Les mêmes raies atomiques de Sb apparaissent pour une pression correspondant à la température de 600° C., mais elles sont plus faibles. Sur un cliché on a constaté la raie λ 2311,5 Å et peut-être les raies λ 3504,5 et λ 3637,8 Å. Au contraire, l'émission observée entre λ 2900-3500 Å sous forme de bandes devient plus intense, plus riche et change probablement aussi son caractère. Sous une pression correspondant à la température 400° C. l'intensité de la fluorescence est trop faible pour être décelée par nos moyens.

L'arrangement des termes du spectre de l'antimoine est donné par Mc Lennan et Mc Lay [1], Charola [2] et Lang et Vestin [3]. Ces données ne sont ni complètes ni déterminées d'une façon univoque.

---

(1) *Trans. of Roy. Soc. of Canada*, **19**, 1925, p. 89.

(2) *Phys. Zeits.*, **31**, 1930, p. 457.

(3) *Phys. Rev.*, **42**, 1932, p. 233.

On peut ranger les raies observées dans le schéma suivant :

2289,0	$P''_{3/2} \rightarrow {}^2D_{5/2}$	2670,7	$^4P_{3/2} \rightarrow {}^2D_{3/2}$ }
2445,5	$^2P_{3/2} \rightarrow {}^2D_{3/2}$ }	3504,5	$^4P_{3/2} \rightarrow {}^2P'_{3/2}$ }
2528,5	$^2P_{3/2} \rightarrow {}^2D_{5/2}$ }	2311,5	$^4P_{1/2} \rightarrow {}^4S_{3/2}$ }
3029,8	$^2P_{3/2} \rightarrow {}^2P'_{1/2}$ }	2877,9	$^4P_{1/2} \rightarrow {}^2D_{3/2}$ }
3232,5	$^2P_{3/2} \rightarrow {}^2P'_{3/2}$ }	3637,8	$^4P_{1/2} \rightarrow {}^2P'_{1/2}$ }
2598,1	$^4P_{5/2} \rightarrow {}^2D_{5/2}$		

les parties accoladées formant un groupe.

Mais il est impossible d'expliquer l'existence de ces états excités de l'atome de Sb par l'absorption de l'antimoine atomique. Il est certain, au contraire, que les raies de Zn sont absorbées par les molécules de Sb. L'apparition des atomes excités est sans doute le résultat d'une dissociation de la molécule excitée par voie optique. L'émission des raies citées ci-dessus serait donc due à une absorption d'origine moléculaire suivie d'une dissociation.

En raison de la faible intensité de la fluorescence des « bandes » dans la région λ 2900 — 3500 Å, il a été impossible jusqu'à présent d'indiquer leur origine.

PHYSIQUE APPLIQUÉE. — *Nouveaux procédés d'examen des métaux au point de vue de leur hétérogénéité et de leur résistance à la corrosion.* Note de M. **Prot** et Mlle **N. Goldovsky**, présentée par M. A. Cotton.

Nous avons utilisé avec succès les deux procédés suivants pour étudier l'hétérogénéité des métaux et pour examiner la résistance à la corrosion de lames métalliques minces.

I. *Application des réactifs colorés.* — Si l'on plonge un alliage hétérogène ou un assemblage de métaux différents dans une solution électrolytique, des couples électriques se constituent entre les divers métaux ou entre les différentes parties de l'alliage et la concentration en ions hydrogènes devient hétérogène dans la solution. Un indicateur coloré de pH peut faire apparaître cette hétérogénéité.

En utilisant un indicateur de ce genre et en stabilisant la solution par un colloïde approprié (gélatine), nous avons pu mettre au point un procédé pratique permettant de déceler des hétérogénéités susceptibles d'être l'origine de corrosions dangereuses, notamment sur des alliages légers de la famille des duralumins.

Un contrôle des traitements thermiques, des rivetages et des soudures peut être fait par ce procédé d'une façon rapide et commode, même sur des ensembles construits, sans détruire ni même détériorer la pièce essayée.

Les indicateurs que nous utilisons donnent, pour des pH allant de 4 (acides forts) à 12 (bases fortes), une gamme de colorations qui reproduisent approximativement les couleurs du spectre.

II. *Essais de corrosion d'éprouvettes minces.* — Les essais, utilisés jusqu'à maintenant pour caractériser la résistance à la corrosion d'un métal ou d'un alliage (perte de poids, perte de caractéristiques mécaniques, forces électromotrices de dissolution, etc.), ne sont pas propres à déceler aisément un danger pourtant grave pour les tôles destinées à la construction des réservoirs ou des flotteurs de matériel aéronautique : la corrosion par piqûres.

En opérant sur des éprouvettes de faible épaisseur ($0^{mm},1$), nous avons pu mettre en évidence en très peu de temps (quelques jours pour des duralumins dans l'eau de mer) des corrosions de cette nature. Un simple tirage par contact sur papier photographique donne un document reproduisant l'aspect de la corrosion obtenue.

Pour obtenir les éprouvettes, on constitue avec la tôle à essayer et par soudure autogène, des cylindres de 70^{mm} de diamètre et de 60^{mm} de hauteur; on alèse ces cylindres, on les monte sur un mandrin et on les tourne extérieurement jusqu'à ce qu'ils aient l'épaisseur voulue. On parvient, avec des précautions mais sans difficultés excessives, à obtenir une épaisseur de $0^{mm},1$ avec une tolérance qui ne dépasse pas $0^{mm},01$.

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur l'électrolyse des sels de cuivre des acides organiques.* Note de M. G. **Kravtzoff**, présentée par M. G. Urbain.

L'électrolyse d'une solution aussi neutre que possible d'acétate de cuivre à 10 pour 100 a permis à Schützenberger [1] d'obtenir des dépôts électrolytiques dont l'aspect et les propriétés différaient de ceux des dépôts de cuivre ordinaire. Pour Schützenberger les différences de propriétés seraient dues à la présence d'une variété allotropique de cuivre, alors que pour Wiedemann [2] ce serait seul l'oxyde cuivreux qui serait responsable de

(1) *Comptes rendus*, 86, 1878, p. 1265; *Bull. Soc. Chim.*, 2e série, 51, 1879, p. 291.
(2) *Pogg. Ann.*, 2e série, 6, 1879, p. 81.

ces modifications. En outre Benedicks (¹) a reconnu la présence de carbone dans les dépôts.

Il m'a paru intéressant, de reprendre ces études et de les étendre à d'autres sels organiques de cuivre que l'acétate, afin de voir si le phénomène découvert par Schützenberger offrait un caractère de généralité.

L'électrolyse des sels de cuivre des acides formique, acétique, propionique, lactique, monochloracétique, trichloracétique et benzène-sulfonique, a été effectuée dans différentes conditions de concentration, d'acidité et de densité de courant.

L'aspect des dépôts qui sont cassants et souvent friables diffère suivant la nature des solutions électrolysées et les conditions d'électrolyse; il varie de la couleur du cuivre électrolytique normal à la couleur bleue noire en passant par la couleur bronzée (cas de l'acétate).

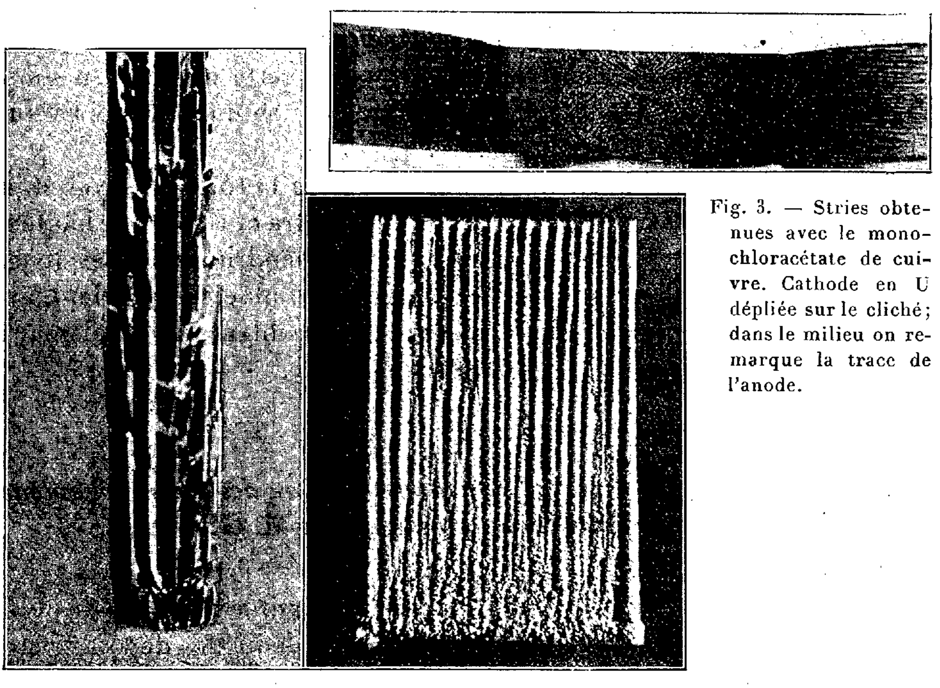


Fig. 3. — Stries obtenues avec le monochloracétate de cuivre. Cathode en U dépliée sur le cliché; dans le milieu on remarque la trace de l'anode.

Fig. 1. — Stries obtenues à partir du trichloracétate de cuivre.

Fig. 2. — Stries obtenues à partir du monochloracétate de cuivre.

Avec le propionate, le monochloracétate et le trichloracétate les dépôts présentent le phénomène particulier des stries qui a été déjà observé par différents auteurs lors de l'électrolyse d'autres solutions (sulfate de cuivre-

(¹) *Met.*, 4, 1907, p. 1.

colloïde, nitrate d'argent, sels de cadmium dans l'ammoniac liquide) etc.

Ces stries qui dessinent parfaitement les lignes de courant (voir photographies ci-contre) ne prennent naissance que si l'on a soin de ne pas agiter l'électrolyte, leur formation est indépendante de la structure et de la nature de la cathode; par contre leur écartement diminue quand la densité de courant s'accroît, elles n'apparaissent pas lors de l'électrolyse de solutions diluées de propionate de cuivre.

On constate également que des dépôts obtenus par électrolyse prolongée de solutions de trichloracétate de cuivre sous faible densité de courant sont verts dans toute leur épaisseur.

L'examen aux rayons X par la méthode des poudres de Debye et Scherrer confirme que ces dépôts contiennent une quantité notable d'oxyde cuivreux ainsi que l'avait signalé Allen et ses collaborateurs [1] dans le cas de l'acétate de cuivre.

Valeur du rapport Cu (dépôt)/Cu (coulomètre).

Solution.	Concentration gr Cu/litre.	Densités de courant en milliamp/dm². 200.	400.	800.
Formiate (sans agitation)	17,10	1,25	1,16	1,08
	8,55	1,16	1,08	1,00
	4,27	1,08	0,99	0,98
Formiate (avec agitation)	17,10	–	1,08	–
Acétate	15,88	1,21	1,11	1,05
	7,94	1,09	1,04	1,01
	3,97	0,99	0,98	0,97
	11,9 +	–	1,00	–
	(260 gr/lit d'acide acétique dans la proportion de 1/4)			
	11,9	–	1,07	–
	11,9 +	–	1,00	–
	(acétate de sodium sat. dans la proportion de 1/4)			
Propionate	14,60	1,47	1,28	1,21
	7,30	1,15	1,10	1,05
	3,65	1,08	0,98	0,96
Monochloracétate	28,01	–	1,33	–
	21,25	–	1,03	–
Trichloracétate	25	–	1,0	–
Lactate	23,87	–	1,02	–
Benzène-sulfonate	41,5	–	1,03	–

D'autre part le rapport du cuivre total du dépôt au poids de cuivre déposé dans un coulomètre placé en série dans le circuit est presque toujours supérieur à 1, ce qui indique qu'il y a une surcharge dont la majeure partie est constituée par de l'oxyde cuivreux; cette surcharge diminue : 1° avec l'aug-

(1) S. J. M. Allen, H. Kersten et S. Maas, *Physics*, 3, 1932, p. 169.

mentation de la densité de courant; 2° l'augmentation de la dilution; 3° avec l'augmentation de l'acidité; 4° avec l'agitation. Ces résultats sont résumés dans le tableau ci-dessus.

Les trois premières conditions conduisent à penser que l'oxyde cuivreux provient de l'hydrolyse de sels cuivreux formés au cours de l'électrolyse dans le compartiment cathodique, cette hypothèse est confirmée par la mesure du pH (électrode de verre) qui indique une augmentation d'acidité après électrolyse. L'analyse des dépôts révèle toujours une teneur assez faible et variable en carbone, les dépôts obtenus contenaient 0,07 pour 100 de carbone dans le cas du formiate, 0,6 pour 100 dans le cas de l'acétate et 0,8 pour 100 dans le cas du propionate.

RAYONS X. — *Étude du niveau* M *du fer aimanté*. Note de M. **Privault**, présentée par M. Jean Perrin.

Comme suite aux recherches que j'ai décrites précédemment ([1]), j'ai analysé le rayonnement K émis par une anticathode de fer froide, aimantée aux trois quarts de la saturation. Dans mes premières recherches, je n'avais pu atteindre que le quart de la saturation.

L'appareil employé est un électro-aimant de forme spéciale, dont le circuit magnétique est coupé par des plaques isolantes de micanite, de 2^{mm} d'épaisseur. On peut ainsi établir entre les deux pôles une différence de potentiel de 20000 à 30000 volts.

L'un des pôles est creusé de façon à contenir un filament émetteur d'électrons. L'autre pôle est refroidi par un courant d'eau. Un cylindre de verre, mastiqué aux deux pôles, permet de faire le vide entre ceux-ci et de faire fonctionner cet appareil en tubes à rayons X.

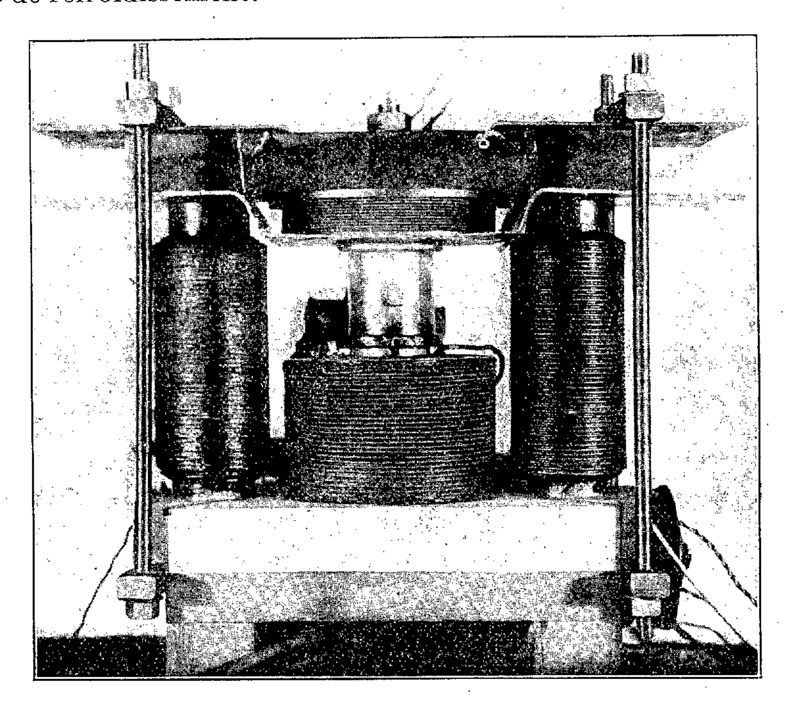
On aurait pu craindre que l'établissement du champ magnétique, en comprimant les plaques de micanite, ne rapproche les deux pièces polaires et ne produise l'écrasement du tube de verre ou des mastiquages. En fait, celles-ci étant maintenues fortement serrées par des étriers de fer isolés, il ne se produit aucun rapprochement des pièces polaires, supérieur à $0^{mm},005$, précision obtenue avec un microscope de pointage ordinaire. L'établissement du champ, une fois l'appareil monté, n'a jamais donné lieu à aucun bris de verre, ni à aucun descellement du tube.

La force magnéto-motrice était produite par deux bobines, placées

([1]) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 854.

autour de chacune des pièces polaires; l'une était alimentée par les batteries du laboratoire, l'autre par une batterie de 6 volts, 100 A. H., isolée du sol, et portée toute entière au potentiel de 20000 volts.

Ces bobines produisaient un échauffement assez rapide des mastiquages, malgré un refroidissement par un violent courant d'air produit par un ventilateur. Ce fait obligeait à n'opérer qu'avec des champs de 15500 gauss dans l'entrefer (ce qui correspond aux trois quarts de l'aimantation de saturation), et à fractionner la pose en périodes de 1 heure, séparées par 1 heure de refroidissement.



L'appareil, considéré comme tube à rayons X, fonctionnait dans les mêmes conditions que l'appareil décrit dans ma Note précédente : tension de 20000 volts, intensité de 1 milliampère, tache cathodique de 14^{mm^2}, ce qui correspond à un gradient de température de 65° et à une température de la surface émettrice de l'anticathode très probablement inférieure à 100°.

Le rayonnement était analysé à l'aide du même spectrographe, et les clichés obtenus ont été étudiés par les mêmes procédés, et avec la même précision que dans mon précédent travail.

Dans ces conditions, je n'ai trouvé aucun changement d'apparence des

raies β_1 ($\lambda = 1753,01$ U.X) et β_5 ($\lambda = 1740,80$ U.X), qui proviennent des niveaux M_3 et M_5. Ces raies restent fixes à 0,03 U.X et 0,06 U.X près respectivement.

Je puis donc affirmer que, dans les conditions de mes expériences, les niveaux M_3 et M_5 du fer restent fixes à 0,2 et 0,4 Ve près respectivement.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur la radioactivité de quelques éléments de terres-rares.* Note de M. **Wenli Yeh**, présentée par M. Jean Perrin.

1. Les travaux de Hevesy-Pahl ([1]) d'une part et ceux de M. Curie-Takvorian ([2]) d'autre part ont montré que le samarium émet des rayons α de faible parcours.

Nous avons cherché si, parmi les autres éléments de la série de terres-rares, il y en a qui soient aussi radioactifs, en prenant garde que les éléments examinés soient chimiquement purs. Un compteur du genre Geiger-Müller est particulièrement sensible pour cette recherche, car il permet d'enregistrer individuellement les rayons lorsqu'on opère dans des bonnes conditions.

Les sels purs que nous avons examinés sont des oxalates de lanthane, de néodyme et de samarium, obligeamment mis à notre disposition par M. Takvorian. Les sels étaient tamisés en couche uniforme sur un support en laiton ou en carton et introduit dans le compteur même. Le compteur est en laiton, il a un diamètre intérieur de $2^{cm},4$ et une épaisseur de $0^{cm},4$, ce qui permet l'introduction d'un cadre qui tient axialement le fil anode, d'un diamètre de $0^{mm},05$, oxydé ou non. Sous la pression de 6^{cm}, la tension négative appliquée à notre compteur varie de —1180 à 1300 volts. Comme le rayonnement est faible, on peut compter à 5 pour 100 près le nombre des particules à l'aide de l'électromètre Lutz-Edelmann. D'autre part le compteur est entouré de plomb de 10^{cm} d'épaisseur afin d'éliminer ou de diminuer le rayonnement pénétrant et le rayonnement cosmique. D'ailleurs on compare chaque fois le nombre de particules avec substance à examiner, et sans substance, de manière à éliminer les effets naturels qui sont dûs aux rayons cosmiques et à la radioactivité locale. Voici les résultats dont chaque nombre est la moyenne de lectures faites pendant 20 à 30 minutes, le nombre total de particules atteignant de 500 à 1000 environ.

([1]) Hevesy-Pahl, *Nature*, **130**, 1932, p. 846.

([2]) M. Curie-Takvorian, *Comptes rendus*, **195**, 1933, p. 923.

a. Lanthane (surface $7^{cm^2},5$).

Nombre par minute avec sel	12,5
Effet naturel (sans sel)	12,0

b. Néodyme I. — Couche mince (surface $10^{cm^2},5$).

Nombre par minute avec sel	20	20,6	23
Effet naturel	12,6	13	13,4
Différence	8,4	7,6	9,6

Néodyme II. — Couche épaisse : 2^{mm} (surface $12^{cm^2},7$).

	Sans écran.		Al ($1/100^{mm}$).
Nombre par minute avec sel	23,7	Rayonnement du sel absorbé	14,7
Effet naturel	12	»	12
Différence	11,7	Différence	2,7

c. Samarium. — Couche de saturation ($1^{mm},5$).

	Surface 2^{cm^2}.	Surface 4^{cm^2}.
Nombre par minute	30,9	52,8
Effet naturel	10	10
Différence	20,9	42,8

2. D'après nos expériences, on voit donc que le lanthane n'est pas actif, contrairement aux résultats de Libby-Latimer [1], d'après lesquels cet élément ainsi que le néodyme seraient actifs en rayons β (le lanthane serait 8 fois plus actif que KCl). Nous croyons que cette forte activité, que nous n'avons pas constatée, doit provenir de substances radioactives non séparées de leurs sels. Nous avons nous-mêmes constaté une forte activité de l'oxyde d'erbium, mais nous ignorons encore s'il est chimiquement pur.

D'autre part, nos expériences semblent montrer une très faible activité du néodyme; il émettrait des rayons α dont l'intensité comparée en surface avec celle du samarium, serait 13 fois plus faible. On peut cependant interpréter cette activité comme due à une impureté.

---

(1) Libby-Latimer, *J. of. Am. chem. soc.*, 55, 1933, p. 433.

RADIOACTIVITÉ. — *Spectrographie, par diffraction cristalline, des rayons* γ *et* X *de la famille du radium.* Note de M. **M. Valadares**, présentée par M. Jean Perrin.

Nous avons repris l'étude (¹) du spectre γ du dépôt actif du radon, par la méthode de diffraction cristalline, en vue d'augmenter, au-dessous de 100 UX, la précision des mesures des raies connues, et ceci pour deux raisons : 1° pour pouvoir distinguer lesquelles de ces raies doivent être considérées comme des raies de fluorescence des corps en présence; 2° pour contrôler la précision des mesures absolues des énergies des rayons γ déduites de l'analyse du spectre β naturel de ces éléments.

Nous avons employé l'appareil qui a déjà servi à M. Frilley pour ses recherches sur le même sujet. Comme la cause principale d'erreur dans ces mesures réside dans l'imprécision de la détermination de la distance des raies à la tache centrale directe, nous avons essayé de diminuer l'erreur relative en étudiant les spectres, de deuxième et troisième ordre, pour les raies plus intenses. Comme source rayonnante, nous avons employé des ampoules très minces contenant de l'émanation du radium.

Le tableau I contient le spectre de premier ordre (déduit de ceux de deuxième et troisième ordre observés), les données des expériences de Frilley et les longueurs d'onde des rayons X émis par le bismuth [résultats de Réchou (²) et de Stephenson et Cork (³)]; les deux dernières colonnes contiennent les nombres qu'on peut calculer pour les mêmes raies en se basant sur les énergies des différents niveaux électroniques de l'élément 83 déduites à partir des spectres d'absorption; pour les énergies des niveaux L nous avons employé les valeurs de Sandström (⁴); pour celles des niveaux M les données de Lindberg (⁵) (M_{II} étant extrapolée); pour le niveau K on a pris d'une part les valeurs de Duane (⁶) (colonne I) et d'autre part celles de Mack et Cork (⁷) (colonne II) :

(¹) Rutherford et Andrade, *Phil. Mag.*, **27**, 1914, p. 854; **28**, 1914, p. 262; Frilley, *Thèse*, Paris 1928.

(²) *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 1107.

(³) *Phys. Rev.*, **1**, 1926, p. 138.

(⁴) *Zeit. f. Phys.*, **65**, 1930, p. 632.

(⁵) *Zeit. f. Phys.*, **54**, 1929, p. 632.

(⁶) *Bull. Nat. Res. Counc.*, **1**, 1920, p. 6.

(⁷) *Phys. Rev.*, **30**, 1927, p. 741.

Spectre γ et X du Ra B + C.			Spectre X du Bi (expérimental).			Spectre X du Bi (calculé).		
Frilley.	Intensité.	Valadares.		Réchou.	Step.-Cork.		I.	II.
135	faible	—		—	—		—	—
140	forte	138,9±0,5	K_{β_2}	136,21	......		138,5	138,2
144	forte	143,0±0,5	$K_{\beta_{1,3}}$	142,20	142,05	K_{β_3}	143,0	142,6
						K_{β_1}	142,2	141,8
147	très faible	—		—	—		—	—
149	très faible	—		—	—		—	—
155	moyenne	—		—	—		—	—
161	très forte	160,7±0,3	K_{α_1}	160,91	160,41		161,0	160,6
166	forte	165,8±0,3	K_{α_2}	165,73	165,25		166,0	165,5
170	faible	—		—	—		—	—
190	faible	—		—	—		—	—
210	faible	—		—	—		—	—
232	assez forte	232,7±0,4		—	—		—	—

L'accord est bon non seulement pour les raies K_α, qui avaient été déjà interprétées par des auteurs précédents comme étant des raies de fluorescence, mais encore pour les raies $K\beta$ considérées jusqu'ici comme des rayons γ. Nous trouvons d'ailleurs que le rapport des intensités, entre les raies 160,7 et 143,0, est 3:1, ce qui est en accord satisfaisant avec le rapport des intensités des raies K_{α_1} et K_{β_1} dans un tube à rayons X (en moyenne 100:24). Remarquons encore que ces raies apparaissent dans le spectre du dépôt actif du thoron (1) et avec un aspect général parfaitement identique. Toutes les raies fortes de cette région sont donc des raies de fluorescence; pour les raies faibles, la précision des mesures n'a pas pu être augmentée du fait qu'il est très difficile de les observer dans les ordres supérieurs; il nous semble pourtant que même les raies faibles (à l'exception de la raie 149 UX) doivent être encore des raies de fluorescence (éléments 82 et 84).

Pour contrôler, d'une façon tout à fait indépendante, nos mesures nous avons employé le procédé suivant. On sait que l'énergie d'extraction des électrons K de l'iridium est 76,2 kv (162 UX) (2); si l'on introduit dans le trajet du faisceau de rayons γ un écran en iridium, la raie 160,7 doit être beaucoup plus absorbée que 165,8, vu qu'à celle-ci correspond une énergie qui n'est pas suffisante pour produire l'effet photoélectrique sur la couche K de l'iridium. En effet, en employant un écran d'iridium de $0^{mm},7$ d'épaisseur,

(1) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 856.
(2) MACK et CORK, *loc. cit.*

nous avons vérifié que la raie 160,7 devient beaucoup plus faible que 165,8; pour un écran de $1^{mm},4$, la raie 160,7 n'est pas visible, même sur des clichés où 165,8 est très forte (les clichés seront donnés dans une autre publication). Remarquons encore que, sur ces clichés, on aperçoit les raies K_α de l'iridium ce que nous a permis un deuxième contrôle; nous avons déterminé ainsi, pour K_{α_1} de l'iridium, la valeur 190,8 UX, les valeurs connues étant 190,70 (Réchou) et 190,65 (Stephenson et Cork).

La raie γ 232,7 UX nous a servi pour contrôler les mesures abso ues des rayons β. En 1925, Ellis et Skinner ont étudié le spectre β naturel du dépôt actif du radon et ont conclu à l'existence d'un rayonnement γ de 53,6 kv (230 UX); la différence entre cette valeur et celle que nous trouvons ne serait pas admissible. Pourtant, dans un travail récent sur le spectre β du dépôt actif du thoron, Ellis [1] a vérifié que ces anciennes mesures étaient trop élevées. Une nouvelle étude du spectre β du RaB + C n'a pas encore été faite; cependant en admettant la même correction (7 pour 100 sur $H\rho$) que pour le spectre du ThB + C la raie de 53,6 kv devient 53,1 kv. Cette nouvelle valeur tombe déjà dans les limites des erreurs possibles de nos mesures ($232,7 \pm 0,4$ UX; $53,03 \pm 0,08$ kv); mais il semble que même les valeurs des dernières mesures absolues du spectre β soient encore légèrement en excès.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Composition des moments électriques chez les polyalcools. Moments des dipôles associés.* Note de MM. **Pierre Girard** et **P. Abadie**, présentée par Jean Perrin.

Dans une Note précédente [2], nous avons vu à quelles conclusions, quant à la forme et à l'association des molécules, conduisait l'étude de la dispersion et de l'absorption dans le Hertzien de différents polyalcools.

Dans cette Note, nous aurons en vue l'étude de la constante diélectrique statique (ε_1) du glycol éthylénique, de la glycérine, de l'érythrite, de la xylite, de la sorbite, de la mannite, de l'α-glucoheptite et de l'α-glucoheptulite, à l'état liquide ou fondu et à la même température. Le résultat est que, dans ces conditions, les valeurs trouvées pour ε_1 sont très voisines,

(1) *Proc. Roy. Soc.*, 835, 1932, p. 318.
(2) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1995,

d'autant plus voisines que les corps absorbent moins (contiennent moins d'impuretés, d'eau notamment).

TABLEAU I.

Polyalcools.	Température.	ε_1.	ε_1 de la Glycérine.
Glycol	20°	37,6	40
Érythrite	120	28,2	26,6
Xylite	20	40	40
Sorbite	80	33,5	32,5
Mannite	170	24,6	22
Glucoheptite	120	27,4	26,6
Glucoheptulite	120	27,1	26,6

Or on sait que ε_1 est proportionnel à la concentration c (nombre de dipôles par unité de volume), à la densité du milieu (d) et à la polarisabilité γ des molécules. Ce terme γ est lui-même la somme de deux termes $(\gamma' + \gamma'')$, γ' désignant la polarisabilité induite, différant peu d'une sorte de molécule à l'autre et petite par rapport à γ'' qui est la polarisabilité permanente. L'expression de celle-ci est de la forme $\gamma'' = \mu^2/3\,\mathrm{KT}$, où μ désigne le moment permanent du dipôle et K la constante de Boltzmann. En sorte qu'on est conduit à cette conclusion que, pour ces différents polyalcools, à la même température, le produit $\mathrm{C}\,\mu^2$ est sensiblement constant. Ou bien encore, si on désigne par μ_1 le moment élémentaire correspondant au groupement alcool primaire ou secondaire, pour l'un et l'autre groupement μ_1 est égal en moyenne à $1{,}6 . 10^{-18}$ u.e.s., le moment de la molécule du polyalcool sera égal à $\mu_1\sqrt{n}$, n désignant le nombre de fonctions alcool figurant dans la molécule. Or, nous avons vu, dans notre précédente Note, que d'un polyalcool à l'autre pour une température définie le degré et la modalité d'association des dipôles deux à deux, trois à trois, etc. différaient beaucoup. Les dipôles associés conservent d'ailleurs leur caractère polaire. Ainsi, que la variation de c résulte d'un nombre croissant de fonctions alcool figurant dans la molécule, ou qu'elle résulte de l'association de molécules polaires formant de nouveaux dipôles, le moment de la nouvelle molécule formée, ou celui des nouveaux dipôles résultant d'une association, sera toujours tel que $\mathrm{C}\,\mu^2 = \mathrm{const.}$

Comme les deux processus sont très différents : construction de molécules à partir de dipôles de même sorte dans le premier cas; association de dipôles de même sorte dans le deuxième cas, on peut penser que cette loi

de formation du moment

$$\mu = \mu_1 \sqrt{n}, \quad \text{(I)}$$

où μ_1 désigne soit le moment d'un groupement fonctionnel, soit le moment d'une molécule, est générale, du moins dans le cas particulièrement simple d'édifices construits seulement avec des « briques » de même sorte. On peut faire la remarque que la relation $C\mu^2 = \text{const.}$ rend impossible d'envisager, en ce qui concerne les polyalcools, une modalité d'association telle que les dipôles associés aient un moment nul et cessent d'osciller dans le champ alternatif.

En appliquant à ces différents polyalcools la relation (I) on trouve, pour leurs moments μ, les valeurs suivantes :

Tableau II.

Glycol	$2,3 . 10^{-18}$
Glycérine	2,8 »
Érythrite	3,2 »
Xylite	3,6 »
Sorbite	3,9 »
Mannite	3,9 »
α-Glucoheptite	4,2 »
α-Glucoheptulite	4,2 »

Dans la molécule même une disposition parallèle des moments élémentaires doit être écartée. Elle conduirait d'ailleurs, quelque hypothèse qu'on fasse quant à leur orientation, à une contraction de ces moments, elle-même fonction du nombre de groupements alcool. On doit donc supposer des moments qui se composent de telle façon que les moments résultants aient les valeurs figurant dans le Tableau II ([1]).

L'interposition dans la molécule d'un ou plusieurs groupements CH^2, par exemple dans le propylène glycol $CH^2OH - CH^2 - CH^2OH$ ou du pentandiol $CH^2OH - CH^2 - CH^2 - CH^2 - CH^2OH$, ne change rien à la valeur du moment qui reste celui de la molécule du glycol éthylénique. Les variations de la valeur de ε_1 correspondant exactement aux variations de la masse moléculaire.

([1]) Il paraît plausible de supposer les groupements alcool mobiles les uns par rapport aux autres. Mais si la molécule était rigide, M. Parrod nous fait remarquer qu'une loi d'angle de 90° présidant à la composition des moments rendrait compte des valeurs du Tableau II.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur le déplacement de l'équilibre par variation de masse.* Note [1] de M. **R. Étienne**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Les résultats exposés dans une précédente Note (*Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1887) peuvent être retrouvés et complétés en employant la représentation graphique que j'utilise depuis longtemps dans mon Cours. Considérons un mélange gazeux formé de n_1, n_2, n_3 molécules des gaz A_1, A_2, A_3, dans lequel joue la réaction $\nu_1 A_1 + \nu_2 A_2 = \nu_3 A_3$ ($\leftarrow$ sens positif).

1. *Représentation de la réaction chimique.* — Supposons que partant du mélange M la réaction joue x fois. n_1, n_2, n_3, deviennent respectivement $n_1 + \nu_1 x$, $n_2 + \nu_2 x$, $n_3 - \nu_3 x$. Le mélange obtenu M′ peut être considéré comme résultant virtuellement de l'addition au mélange M (n_1, n_2, n_3) de x fois le mélange S(ν_1, ν_2, $-\nu_3$) représenté par le point S de concentrations $\sigma_1 = \nu_1/\Sigma\nu_1$, $\sigma_2 = \nu_2/\Sigma\nu_1$, $\sigma_3 = -\nu_3/\Sigma\nu_1$. L'application de la règle des mélanges montre alors que le point résultant M′ est sur la droite MS, entre M et S si x est positif (décomposition : MM′), au delà de M si x est négatif (combinaison : NN′). La démonstration ci-dessus est entièrement basée sur le fait que les quantités $\nu_1 x$, $\nu_2 x$, $-\nu_3 x$ qui apparaissent ou disparaissent sont proportionnelles aux coefficients ν_1, ν_2, ... *Le déplacement du point* M *sur une droite passant par un point fixe* S *n'est donc autre chose que la traduction graphique de la loi des proportions définies qui caractérise essentiellement la réaction chimique.*

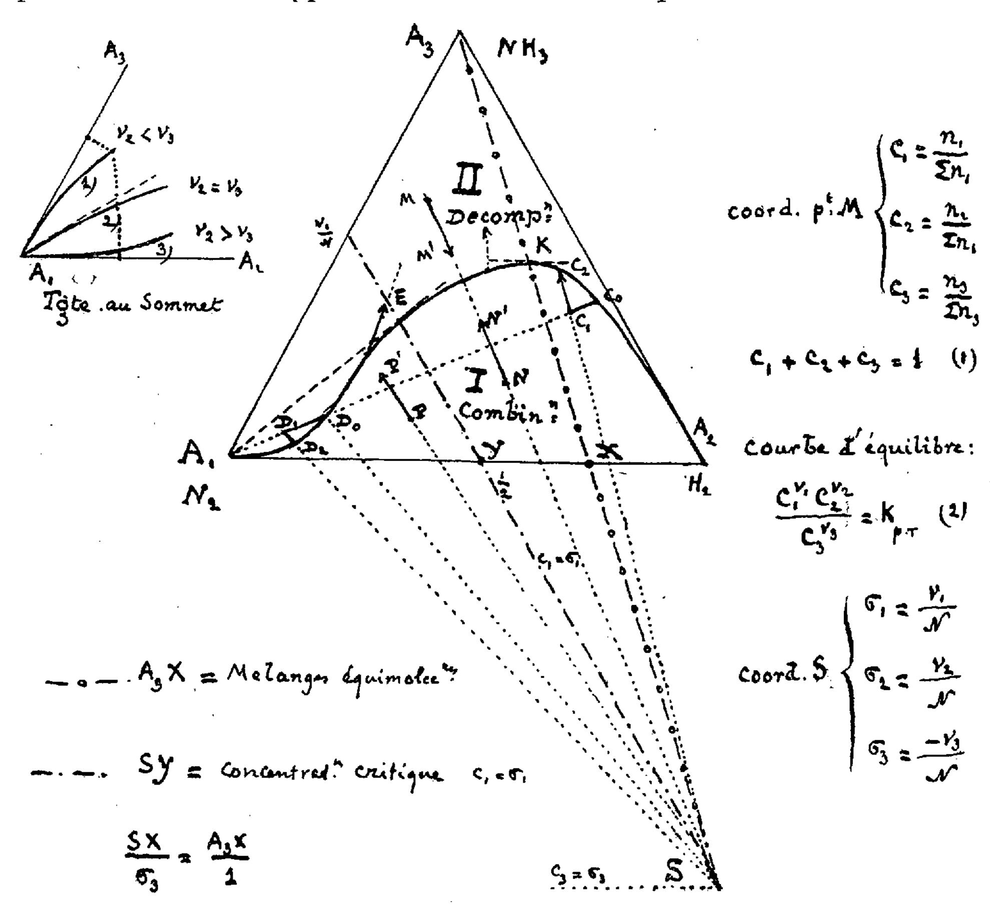
2. *Concentrations.* — Lorsque, la réaction jouant, M se déplace sur SM, les concentrations varient dans un sens qui dépend de la façon dont la droite SM s'écarte des droites c = constante issues du point S. Effectuons, par exemple, la combinaison, N s'éloigne de S en s'écartant de plus en plus de la droite $c_1 = \sigma_1$ (SY parallèle à $A_2 A_3$). Par suite c_1 s'éloigne de σ_1 (*concentration critique*), diminuant si : $c_1 < \sigma_1$ (point N), augmentant dans le cas contraire (point P).

3. *Courbe d'équilibre.* — La courbe d'équilibre à p et T const. passe par les sommets A_1 et A_2. Elle présente un maximum K situé sur la ligne A_3X des mélanges équimoléculaires. L'allure de la courbe au voisinage d'un sommet tel que A_1 se déduit de la variation de c_2/c_3 lorsque c_2 et c_3 tendent vers zéro. Ce rapport tend vers o, $\sqrt[\nu_2]{k}$ ou ∞ suivant que ν_2 est

[1] Séance du 26 juin 1933.

inférieur, égal ou supérieur à ν_3. D'où les dispositions de courbe 1, 2 et 3.

La courbe d'équilibre sépare le plan en deux *régions* (états hors d'équilibre). Dans la région I, le retour à l'équilibre s'effectue par une réaction éloignant N de S, soit une *combinaison* de A_1 et A_2 et dans la région II, par une réaction rapprochant M de S : *décomposition* de A_3.



4. *Déplacement de l'équilibre.* — Prenons un état d'équilibre C_0 sur l'arc EA_2. Donnons un accroissement à la masse du composant A_1. D'après la règle des mélanges, le point représentatif se déplace sur la droite C_0A_1 en direction de A_1 et vient en C_1 dans la région I. Le retour à l'équilibre se fait alors par la réaction de combinaison C_1C_2. *L'accroissement de masse de* A_1 *a donc provoqué la réaction qui consomme* A_1 (*règle classique*).

Partons maintenant de l'état d'équilibre D_0 sur l'arc A_1E. L'accroissement de masse de A_1 nous amène cette fois en D_1 dans la région II. Le retour à l'équilibre se fait suivant D_1D_2 par une réaction de décomposition.

L'accroissement de masse de A_1 *a donc provoqué dans ce cas la réaction qui produit une quantité supplémentaire de* A_1 (*règle classique inversée*).

Le point E, qui sépare les arcs A_1E et EA_2 correspondant aux deux cas envisagés, est le point de contact de la *tangente* menée de A_1 à la courbe d'équilibre. Quand le tracé de cette tangente est-il possible ? Écrivons la relation $dc_2/c_2 = dc_3/c_3$ qui exprime que la tangente passe par A_1, ajoutons les relations (1) et (2) différenciées et éliminons $dc_1\ dc_2\ dc_3$. Nous obtenons la condition cherchée $c_1 = \nu_1/\mathfrak{N} = \sigma_1$ qui exprime que le point E est sur la droite SY. Cette droite rencontre la courbe si $\nu_1/\mathfrak{N} < 1$, c'est-à-dire si $\nu_2 > \nu_3$.

On arrive immédiatement au même résultat en examinant l'allure de la courbe en A_1. Le tracé de la tangente considérée n'est évidemment possible que dans la disposition de courbe 3 (croquis annexe) où la courbe part de A_1 tangentiellement à A_1A_2. On a alors $\nu_2 > \nu_3$.

5. *Variation de la concentration au cours de la réaction provoquée.* — Si l'on rapproche les résultats obtenus en 2 et 4, on constate que c'est au passage de la *même valeur critique* $c_1 = \sigma_1$ que se produit, dans un cas, le changement de sens de la variation subie par la concentration du fait de la réaction chimique et, dans l'autre cas, le changement du sens de la réaction provoquée par un même accroissement de masse de A_1.

Il en résulte, comme on le constate facilement sur le graphique, que l'accroissement de masse de A_1 peut provoquer tantôt la réaction directe, tantôt la réaction inverse, mais, *dans tous les cas, au cours de la réaction provoquée, la concentration de* A_1 *diminue, et inversement.*

CHIMIE MINÉRALE. — *Propriétés chimiques des sulfures de zirconium.* Note de M. **Picon**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Dans une Note récente, nous avons indiqué les modes de préparation et les propriétés physiques des sulfures de zirconium S^2Zr, S^5Zr^3 et S^3Zr^2.

Nous décrirons maintenant leurs propriétés chimiques.

Avec le chlore sec agissant sur les trois sulfures précédents, du chlorure de zirconium commence à se volatiliser respectivement à 250°, 235° puis 250°.

Le brome sec, en présence d'air, les transforme lentement en bromure dès la température ordinaire. La présence d'eau rend la réaction plus rapide et l'oxydation du soufre totale.

L'oxygène conduit à l'obtention d'anhydride sulfureux, de sulfate basique et d'oxyde. Les réactions débutent respectivement à 180°, 225° et 350°, et acquièrent une vitesse appréciable vers 250°, 300° et 350°.

Le soufre en vapeur entraîné dans un courant d'hydrogène reste inactif jusqu'à 800°. Comme avec l'acide sulfhydrique, les dérivés moins sulfurés que S^2Zr se transforment lentement en ce dernier à 1000°.

Ces corps sont stables en présence d'eau, soit à froid, soit à l'ébullition. A partir de 200°, on observe la production partielle et très lente de sulfate, d'acide sulfhydrique et d'oxyde.

La formation de chlorure, au moyen de l'acide chlorhydrique sec, s'effectue à 165°, 210° et 280°. Le même acide en solution aqueuse concentrée ne réagit pas sur S^3Zr^2, même à l'ébullition. Les deux autres sulfures donnent très lentement de l'acide sulfhydrique et du chlorure. Avec l'acide dilué à 10 pour 100 la réaction reste très lente à froid mais devient rapide à l'ébullition.

L'anhydride sulfureux réagit comme agent oxydant. Il donne du soufre, de l'oxyde et du sulfate basique, à des températures inférieures à celles où l'oxygène gazeux est actif. Le début de la réaction s'observe à 140°, 170° et 175°; la vitesse devient notable à 210°, 265° et 265°.

L'acide sulfurique dilué à 10 pour 100 donne très lentement, spécialement avec S^3Zr^2, de l'acide sulfhydrique et un sulfate soluble. Avec l'acide concentré et froid, c'est, au contraire, ce sulfure qui s'attaque le plus facilement. Il se produit en outre du soufre libre et un sulfate acide insoluble. La réaction n'est complète qu'après plusieurs jours. S^5Zr^3 se transforme plus lentement, et S^2Zr n'est nettement attaqué qu'après 24 heures.

L'ammoniac réagit à 1000°, il se forme une azoture inattaquable par le brome; même après 5 heures de chauffe, 25 pour 100 seulement du sulfure est transformé. Le même réactif, en solution aqueuse, à froid ou à l'ébullition est sans action sur S^3Zr^2 et S^5Zr^3. Par contre, S^2Zr perd une partie de son soufre.

L'acide azotique concentré donne lieu à une attaque violente à froid. Il se produit des vapeurs nitreuses, du soufre et du nitrate dissous. Il ne se forme pas de sulfate. Si l'acide est dilué à 10 pour 100, il se dégage de l'acide sulfhydrique mais il n'y a toujours pas de sulfate.

L'anhydride carbonique sec agit lentement à 500° en donnant de l'oxyde de carbone, du soufre et de la zircone.

A 1000°, dans l'hydrogène, le magnésium désulfure ces composés.

La lessive de soude est sensiblement sans action, même à l'ébullition sur

S^3Zr^2. Par contre S^2Zr se transforme totalement, en 24 heures à froid et très rapidement à chaud; en solution, on trouve du sulfure de sodium et, en résidu insoluble, de la zircone hydratée. Le composé S^5Zr^3 subit une attaque beaucoup plus lente et partielle.

Les sulfures de plomb et d'antimoine, en présence d'hydrogène à 1000°, ne fournissent pas de sels doubles.

Les oxydants, en solution aqueuse, ont une action en général très lente. Il faut excepter S^2Zr qui est rapidement transformé par l'eau oxygénée neutralisée. En quelques minutes, la réaction est complète. Il se dégage de l'acide sulfhydrique, de l'acide sulfurique reste en solution aqueuse et la zircone insoluble à l'état de sulfate basique. S^5Zr^3 est aussi attaqué à froid mais beaucoup plus lentement; enfin S^3Zr^2 ne se transforme qu'après quelques minutes et avec une faible vitesse.

Le permanganate de potassium en solution aqueuse bouillante n'oxyde que lentement ces composés. Le soufre est solubilisé à l'état de sulfate de potassium.

Le ferricyanure de potassium a une action très faible, même sensiblement nulle sur S^2Zr.

En résumé, l'activité des réactifs sur les sulfures de zirconium diminue d'une façon générale au fur et à mesure que le composé est moins sulfuré. Par contre, S^2Zr est stable dans l'acide nitrique dilué alors que S^3Zr^2 est totalement transformé en 24 heures. La solution de ferricyanure de potassium et l'acide sulfurique concentré agissent dans un sens identique.

Les propriétés physiques et chimiques très différenciées des trois sulfures S^2Zr, S^5Zr^3 et S^3Zr^2 permettent de considérer ces trois composés comme nettement définis.

CHIMIE MINÉRALE. — *Action de l'acide borique sur les chlorures et nitrates alcalino-terreux.* Note de M. **Peng Chung-Ming**, présentée par M. H. Le Chatelier.

L'action de l'acide borique sur les chlorures et nitrates alcalins a déjà fait l'objet d'une étude de Hackspill, Rollet et Andrès [1]. Ces auteurs ont chauffé dans un courant de vapeur d'eau des mélanges d'acide borique et de chlorure ou de nitrate alcalins. Ils ont constaté la formation dans la plupart des cas de pentaborate : $5B^2O^3M^2O$.

---

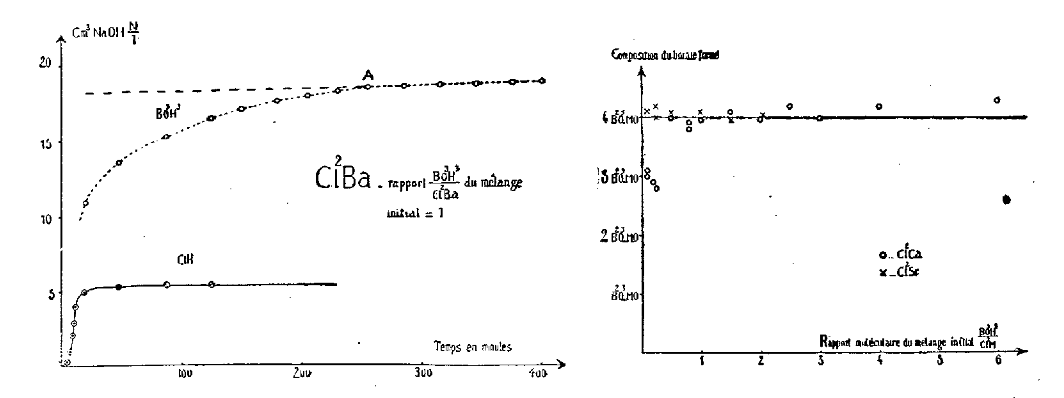
[1] *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 48.

J'ai abordé une étude similaire sur les chlorures et nitrates alcalino-terreux. Le dispositif expérimental est à peu de chose près celui qui se trouve décrit dans une publication de Rollet et Andrès (¹).

De la vapeur sèche est amenée sur un mélange d'acide borique et de chlorure alcalino-terreux. Le rapport moléculaire : BO^3H^3/Cl^2M du mélange est compris entre 0,1 et 6. La température, maintenue constante à 10° près, est comprise selon l'expérience entre 150 et 300°. La réaction est suivie en fonction du temps par titrage de l'acide chlorhydrique libéré. On dose également l'acide borique entraîné par le courant de vapeur d'eau.

D'une façon générale l'allure de la réaction est celle que représente la figure 1. Avec le chlorure de baryum et de strontium, il se produit un dégagement très rapide d'acide chlorhydrique qui cesse au bout de peu de temps. Par contre, de l'acide borique continue longtemps encore à se dégager.

Cet acide borique dégagé correspond au début, à une partie sublimée qui s'échappe du mélange traité et vient se condenser dans la région plus froide de l'appareil. Au bout d'un certain temps, cet acide borique est



finalement entraîné par la vapeur d'eau. A partir de ce moment (point A de la figure 1) le dégagement d'acide borique est très lent mais régulier. Il continue longtemps et correspond à une hydrolyse lente du borate formé. Cette décomposition paraît conduire au monoborate.

D'après les courbes de la réaction, il est facile de calculer les quantités de chlorure transformé et d'acide borique fixé. On obtient ainsi la composition du borate riche en acide borique formé, quand cesse le dégagement

(¹) *Bull. Soc. Chim.*, 49, 1931, p. 1065.

d'acide chlorhydrique. Dans quelques cas, en arrêtant l'expérience à ce moment, on a contrôlé par l'analyse du résidu la formule du borate. On a toujours obtenu : $4B^2O^3.MO$.

Avec le chlorure de calcium, le tétraborate formé se détruit rapidement, et une partie de l'acide borique, qui se dégage alors, réagit sur l'excès de chlorure en donnant lieu à un dégagement lent et continuel d'acide chlorhydrique. En employant un excès de chlorure (rapport moléculaire inférieur à 0,3), le tétraborate de calcium formé est détruit si rapidement que le calcul et l'analyse du résidu ne cadrent plus avec la formule $4B^2O^3.CaO$. Il n'est pas impossible qu'il y ait formation intermédiaire du chloroborate $B^2O^3, 3CaO, CaCl^2$ isolé par H. Le Chatelier (1), mais mes expériences ne l'ont pas mis en évidence. Par contre, en se tenant entre les rapports moléculaires 0,3 et 6, on arrive à une composition très voisine de celle du tétraborate.

L'étude de l'action de l'acide borique sur les nitrates alcalino-terreux m'a conduit aux mêmes résultats.

Des tétraborates alcalino-terreux ont déjà été signalés dans la littérature scientifique par Laurent (2) et Ditte (3); Sborgi (4) étudiant à 30° les systèmes ternaires $H^2O — B^2O^3 — CaO$ et $H^2O — B^2O^3 — BaO$ n'en a pas mis en évidence. Par contre, de Carli (5) a signalé un tétraborate de baryum $4B^2O^3.BaO$.

En résumé, l'étude de l'action de l'acide borique sur les chlorures et nitrates alcalino-terreux montre la formation de tétraborates alcalino-terreux : $4B^2O^3.MO$. La vapeur d'eau décompose lentement ces sels en leur enlevant de l'acide borique, de telle manière qu'en poursuivant l'expérience très longtemps (plusieurs mois) on arriverait sans doute au monoborate B^2O^3CaO.

(1) Le Chatelier, *Comptes rendus*, **99**, 1884, p. 275.
(2) *Comptes rendus*, **6**, 1850, p. 33.
(3) *Comptes rendus*, **96**, 1883, p. 1663; *Ann. Chim. et Phys.*, 5e série, **30**, 1883, p. 248.
(4) *Atti Accad. Lincei*, 6e série, **22**, 1913, p. 798. et **23**, 1914, p. 854.
(5) *Atti Accad. Lincei*, 6e série, **5**, 1927, p. 41.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les bétaïnes phénylméthyléthylées et phénylméthylpropylées stéréo-isomères*. Note de Mme **Guaisnet-Pilaud**, présentée par M. C. Matignon.

J'ai montré récemment (1) qu'il existe des isomères géométriques inactifs dérivés de l'azote pentavalent asymétrique : L'iodacétate de méthyléthylaniline (I), traité par un excès d'oxyde d'argent, fournit deux *hydrates* à 1 et $2H^2O$, qui correspondent à deux *bétaïnes* (II) dont la composition chimique est la même, mais dont les propriétés diffèrent; les deux hydrates donnent le même chloroplatinate, mais l'un fournit *exclusivement* un *oxalate acide anhydre* fusible à 124°,5, dans les conditions où l'autre se transforme en un mélange d'*oxalate neutre*, fusible à 166°, et d'*oxalate acide hydraté*, fusible à 60°,5, une partie de l'acide oxalique restant non combiné.

$$C^6H^5N\begin{cases}CH^3\\C^2H^5\\CH^2-CO^2C^2H^5\\I\end{cases} \qquad (I).$$

$$C^6H^5N\begin{cases}CH^3\\C^2H^5\\O\diamond CH^2 \\ \quad CO\end{cases} \qquad (II).$$

La démonstration de l'existence de cette isomérie est aujourd'hui complétée par le fait remarquable que, lorsqu'on isomérise par la chaleur (2) chacun des hydrates, on obtient deux *éthers phénylalcoylamino-acétiques* différents : le *monohydrate* fusible à 175°,5 fournit, en effet, du *phénylméthylamino-acétate d'éthyle* (III), tandis que le *dihydrate* ne donne que du *phényléthylamino-acétate de méthyle* (IV) avec un peu de méthyléthylaniline :

$$C^6H^5.N\begin{cases}CH^3\\CH^2.CO^2C^2H^5\end{cases} \quad (III). \qquad C^6H^5.N\begin{cases}C^2H^5\\CH^2.CO^2CH^3\end{cases} \quad (IV).$$

La constitution des deux éthers a été établie comme précédemment (3) par transformation en *amides*; celles-ci ont été identifiées avec des produits synthétiques.

---

(1) *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 1286.

(2) Willstaetter et Kahn, *D. chem. Ges.*, 37, 1904, p. 401.

(3) B. Tchoubar, *Étude de la combinaison de l'iodacétate d'éthyle avec quelques amines aromatiques tertiaires mixtes* (*Diplôme d'Études supérieures*, Paris, juillet 1932).

L'isomérisation a été réalisée suivant les indications de Willstaetter et Kahn (*loc. cit.*) : déshydratation prolongée dans le vide à 100°, puis distillation du résidu, également dans le vide. *L'éther N-méthylé* (III) bout à 137-138° sous 14^{mm}, et fournit, par action de NH^3 aqueuse concentrée en vase clos, *l'amide phénylméthylamino-acétique* $C^6H^5N\langle{}^{CH^3}_{CH^2.CO.NH^2}$, en aiguilles fusibles à 162°. (Calculé pour $C^9H^{12}N^2O$: N, 17,07; trouvé 17,0). *L'éther N-éthylé* (IV) bout à 147-148° sous 15^{mm}; *l'amide* correspondante cristallise en aiguilles fusibles à 108°. (Calculé pour $C^{10}H^{14}N^2O$: N pour 100, 15,73; trouvé, 15,91).

J'ai obtenu parallèlement une *paire d'hydrates* dérivant de deux bétaïnes stéréo-isomères en appliquant la même réaction (oxyde d'argent) à l'*iodacétate de méthylpropylaniline* (B. Tchoubar, *loc. cit.*) :

$$C^6H^5N(I)(CH^3)(C^3H^7)-CH^2-CO^2C^2H^5 \rightarrow C^6H^5N(CH^3)(C^3H^7)\langle{}^{O}_{CO}\rangle CH^2$$

En fractionnant le produit brut, on isole un *monohydrate* fusible à 172° (aiguilles prismatiques) et un *dihydrate* fusible à 81°,5 (petits prismes); ce dernier se forme seul lorsqu'on opère sur l'*iodacétate cristallisé* (B. Tchoubar), tandis que le *gel global* conduit au mélange des deux hydrates. D'autre part, l'isomérisation par la chaleur des dérivés propylés fournit des résultats analogues à ceux obtenus avec les dérivés éthylés.

Il y a lieu de signaler encore que la production des paires d'hydrates paraît liée à la *dissymétrie initiale* de l'amine tertiaire, car la diméthylaniline et la diéthylaniline fournissent dans les mêmes conditions un seul iodacétate cristallisé et une bétaïne hydratée homogène. Le fait que les amines dissymétriques donnent naissance dans une même réaction à deux iodacétates et à deux hydrates bétaïniques inégalement stables, constitue un argument nouveau en faveur de l'interprétation de Jones (1) rappelée dans ma précédente Note.

---

(1) *Chem. Soc.*, 85, 1904, p. 223; 87, 1905, p. 1721.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la vraie nature d'une prétendue dihydropyrocatéchine.* Note de MM. G. **Dupont** et E. **Urion**, présentée par M. Matignon.

Dans l'étude faite par l'un de nous, en collaboration avec J. Lussaud [1], des goudrons solubles de pin, nous avons séparé un constituant cristallisé, fondant à 104°, de formule $C^6H^8O^2$, auquel, par suite de ses propriétés physiques et chimiques, nous crûmes pouvoir attribuer la formule de la dihydropyrocatéchine :

COH
HC / COH
CH² / CH
CH²
(Forme énolique.)

ou

CO
H²C / CO
H²C / CH²
CH²
(Forme cétonique.)

Nous avons cependant fait des réserves sur ce point, car la dihydropyrocatéchine était jusqu'alors inconnue et il ne nous fut pas possible d'en réaliser la synthèse.

Le second signataire de la présente Note obtint, de son côté, par décomposition du divinylglycol sur le cuivre réduit, un corps qu'il identifia parfaitement avec le précédent et dont il réalisa l'étude sous son double aspect d'α-dicétone cyclique et de composé diénolique [2]. Il crut pouvoir conserver la formule attribuée à ce corps.

Or, dans un travail récent [3] Riley, Morley et Friend ont indiqué une méthode assez générale de préparation d'α-dicétones par oxydation des monocétones à l'aide de l'oxyde de sélénium. Appliquée à la cyclohexanone, cette méthode leur a donné l'*o*-cyclohexane-dione qui doit être, sous sa forme diénolique, la dihydropyrocatéchine.

Or cette dicétone diffère complètement, par ses dérivés, du produit obtenu par nous. L'un de nous a contrôlé cette non-identité en reprenant

(1) G. Dupont et J. Lussaud, *Ann. de l'Office Nat. des Combustibles liquides*, 3, 1929, p. 467.

(2) *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 1662.

(3) *J. Chem. Soc.*, 1932, p. 1875.

la préparation suivant Riley. Il a obtenu un corps fondant à 38-40° (1), donnant une bis-phénylhydrazone fondant à 152°, et une quinoxaline fondant à 91°. Notre produit fondant à 104° n'est donc pas la dihydropyrocatéchine. Nous avons pu l'identifier au contraire avec un isomère, la méthyl-3-cyclopentanedione-1.2, ou plutôt sa forme énolique :

```
  CO————CO                      HOC   COH
  |       |                      //     \\
H²C       CH—CH³      ou      CH          C—CH³
   \     /                      \       /
     CH²                           CH²
```

La formation de cette méthyl-3-cyclopentanedione-1.2, lors de la déshydrogénation du divinylglycol, par catalyse sur cuivre réduit, s'expliquerait ainsi : migration $\alpha\gamma$ de 2 atomes d'hydrogène

```
CH²=CH—C[H]OH           CH³—CH=COH
       |          →            |
CH²=CH—C[H]OH           CH³—CH=COH
```

Cette forme énolique se cycliserait ensuite par arrachement de 2 atomes d'hydrogène portés par les carbones (1) et (5)

```
COH———COH                 COH———COH
||      ||                ||      ||
CH      C[H]—CH³    →     CH      C—CH³
  \   [H]                   \    /
    CH²                       CH²
```

CHIMIE ORGANIQUE. — *Halogénation directe des alcools arylaliphatiques.* Note de Mlle **Denise Sontag**, présentée par M. Delépine.

Nous avons déjà étudié (2) l'halogénation directe de l'alcool phényléthylique primaire. Nous avions constaté que par action de 2^{mol},5 de brome ou de chlore sur 1^{mol} d'alcool, à froid, en présence de limaille de fer ou

(1) Ce corps avait déjà été signalé par divers auteurs dans des périodiques assez peu répandus : Meyerfeld, *Chem. Zeitg.*, 36, 1912, p. 549; Ferdinand Rühl, *Diss. Braunschweig*, 1925; C. A. Rojan et F. Rühl, *Arch. der Pharm. u. Ber. der Pharm. Ges.*, 264, 1926, p. 211.

(2) MM. L. Palfray, S. Sabetay, Mlle D. Sontag, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 622.

d'iode, on pouvait obtenir, avec des rendements intéressants, les alcools halogénophényléthyliques. Ces alcools sont des mélanges d'isomères.

Le brome conduit ainsi à un mélange de bromure de phényléthyle, d'alcools bromophényléthyliques et de bromures de bromophényléthyle, à côté d'un peu d'alcool que l'on récupère inaltéré.

Dans le cas du chlore, l'oxhydryle n'est pas atteint et, à côté de l'alcool récupéré, on n'isole que des alcools chlorés dans le noyau, ce qui est en rapport tout naturellement avec la différence d'activité des hydracides vis-à-vis de l'oxhydryle alcoolique.

Il nous a paru intéressant d'étendre cette étude aux homologues inférieur et supérieur de l'alcool phényléthylique.

Les constantes de tous les dérivés benzyliques, obtenus d'ailleurs par une autre voie, sont connues. Au contraire, les alcools γ-phénylpropyliques halogénés dans le noyau n'ont pas encore, à notre connaissance, été décrits.

Alcool benzylique bromé. — La réaction du brome sur l'alcool, à froid, est vive et tend à s'emballer; il y a dégagement presque immédiat de BrH. Les corps obtenus ont été analysés par dosage du brome. A partir de 100^g d'alcool, on a eu : alcool récupéré, 21^g; bromure de benzyle, 69^g; bromobromure de benzyle, 33^g; alcool benzylique bromé, $1^g,5$.

On voit donc que l'oxhydryle en α par rapport au noyau est tellement sensible à l'action de BrH issu de la bromuration du noyau, qu'il n'est pratiquement pas possible de préparer par cette voie les alcools halogénobenzyliques.

Alcool phénylpropylique bromé. — Dès qu'il est introduit, le brome provoque un échauffement assez notable. Après un conctact de 15 jours, le produit de la réaction est neutralisé, soumis à l'action de $B(OH)^3$ en excès, sous vide partiel, à 120°, pendant plusieurs heures. Puis on distille pour chasser les dérivés halogénés de la chaîne; le borate restant est hydrolysé par entraînement à la vapeur en présence de soude. Par distillation, on sépare d'abord l'alcool inattaqué, on isole ensuite l'alcool bromé ($E_{14} = 157\text{-}161°$). En vue d'en contrôler les constantes, nous avons préparé ce même corps par bromuration directe du bromure de phénylpropyle, puis acétylation au moyen de CH^3COOK et enfin saponification de l'acétate obtenu; c'est-à-dire comme nous avions fait pour l'homologue inférieur à cela près, qu'il ne suffit plus de se mettre en milieu acide acétique, mais qu'il est indispensable d'employer l'anhydride. Si d'ailleurs nous comparons ces deux préparations, nous noterons que pour

le second corps il se forme, dans la bromuration, une quantité non négligeable d'un dérivé tribromé qui semble être $Br^2C^6H^3.CH^2.CH^2.CH^2Br$, et aussi que l'acétylation du bromure propylique est plus difficile puisqu'elle exige l'emploi de l'anhydride acétique.

Alcool phénylpropylique chloré. — On fait barbotter le chlore, à froid, dans l'alcool, traite le mélange réactionnel par $B(OH)^3$, distille pour chasser les dérivés halogénés de la chaîne qui se forment ici en petite quantité (contrairement au cas de l'alcool phényléthylique où il ne s'en formait pas du tout), puis hydrolyse les borates. Par distillation, on obtient un mélange d'alcools, chloré et non chloré, très difficiles à séparer, même à l'état de benzoates, car ceux-ci sont tous liquides.

Conclusions. — Si l'halogénation dans le noyau s'effectue aisément pour l'*alcool* phényléthylique primaire, elle est un peu moins facile, parce que plus complexe, pour l'alcool phénylpropylique primaire; au contraire dans le cas de l'alcool benzylique, cette méthode directe est inutilisable parce qu'on ne peut pas, dans ces conditions, préserver la fonction alcool.

Nous donnons ci-dessous les constantes des corps nouvellement préparés en prévenant qu'il s'agit d'un mélange d'alcools isomères dont la séparation n'a pas été effectuée.

Alcool bromophénylpropylique $BrC^6H^4-CH^2-CH^2-CH^2OH$. — $E_{14}=157$-$158°$; d_4^{19}, 1,4153; n_D^{19}, 1,5651; R_D tr. 49,49; calc. 49,45; Br % tr. 37,04; calc. pour $C^9H^{11}OBr$, 37,20.

Bromobromure de phénylpropyle $BrC^6H^4.CH^2.CH^2.CH^2.Br$. — $E_{17}=161$-162-$163°$; d_4^{20}, 1,6685; n_D^{20}, 1,5828; R_D tr. 55,67; calc. 55,69; Br %, tr. 57,43; calc. pour $C^9H^{10}Br^2$, 57,55.

$C^9H^9Br^3$. — $E_{14}=187$-188-$189°$; d_4^{21}, 1,9510; n_D^{21}, 1,6123; R_D, tr. 63,67; calc. 63,46; Br % total tr. 66,86; calc. pour $C^9H^9Br^3$, 67,22; Br % de la chaîne, tr. 22,06; calc. 1 Br, 22,4.

Ce corps semble donc un dérivé tribromé, avec un seul Br dans la chaîne, soit : $Br^2C^6H^3.CH^2.CH^2.CH^2Br$.

Acétate de bromophénylpropyle $BrC^6H^4.CH^2.CH^2.CH^2.O.CO.CH^3$. — $E_{17}=168$-$170°$; d_4^{24}, 1,3376; n_D^{21}, 1,5309; R_D tr. 59,25; calc. 58,82; Br %, tr. 31,24; calc. pour $C^{11}H^{13}O^2Br$, 31,12.

Alcool chlorophénylpropylique $ClC^6H^4.CH^2.CH^2.CH^2OH$. — $E_{18}=149$-$150°$; d_4^{21}, 1,1520,; n_D^{21}, 1,5420; R_D tr. 46,58; calc. 46,54; Cl %, tr. 20,10; calc. pour $C^9H^{11}OCl$, 20,82.

Benzoate de chlorophénylpropyle $ClC^6H^4.CH^2.CH^2.CH^2.O.CO.C^6H^5$. — $E_2=163$-$165°$; d_4^{20}, 1,1636; n_D^{19}, 1,5631; R_D, tr. 76,57; calc. 75,41; Cl %, tr. 12,19; calc. pour $C^{16}H^{15}O^2Cl$, 12,93.

Benzoate de phénylpropyle $C^6H^5.CH^2.CH^2.CH^2.O.CO.C^6H^5$. — $E_{20}=207°$, $E_3=167,5$-$168°$; d_4^{23}, 1,0776; n_D^{23}, 1,5551; R_D, tr. 71,48; calc. pour $C^{16}H^{16}O^{<}O^{:}|_{6}^{=}$, 70,54.

CHIMIE APPLIQUÉE. — *Applications de l'effet antioxygène au problème de la lutte contre l'incendie. L'extinction des flammes.* Note de MM. **Charles Dufraisse**, **Roger Vieillefosse** et **Jean Le Braz**, présentée par M. Delépine.

a. L'ignition du charbon, ainsi que nous l'avons démontré dans deux Notes antérieures (1931 et 1932), peut être empêchée par effet antioxygène. Nous avons cherché s'il n'en était pas de même pour les flammes.

Les chimistes, à commencer par l'illustre Davy, qui a publié en 1817 le premier travail systématique sur le sujet, se sont préoccupés depuis longtemps de l'extinction des flammes, question à laquelle se rattachent l'empêchement d'explosion des mélanges tonnants et la suppression du cognement des moteurs à combustion interne. Une bibliographie détaillée n'a pas sa place ici, toutefois il convient de mentionner, parmi les plus récents, les importants travaux de Mardles et ceux de Jorissen.

b. L'appareillage que nous avons utilisé comprend un brûleur pouvant être alimenté, à un débit réglé, par des gaz ou des vapeurs; il est disposé dans l'axe d'un long cylindre en verre, fermé à sa partie inférieure. Une tuyère permet d'amener en dessous du brûleur, à une vitesse déterminée, de l'air chargé, en proportions connues, des corps à étudier. Un dispositif approprié évite les tourbillons et l'extinction par soufflage.

Dans cette première partie du travail on n'a envisagé que le classement des corps d'après les concentrations éteignant la flamme du gaz d'éclairage; on ne s'y occupe pas du mécanisme extincteur, dont la recherche fait l'objet d'expériences en cours, au même titre que les études sur les divers combustibles et sur les divers régimes de combustion.

c. Voici quelques remarques générales qui se dégagent de nos essais.

Ainsi qu'on devait le prévoir, d'après les différences d'ordre physique, chimique et même mécanique entre les deux formes de la combustion, l'ignition et la flamme, il arrive souvent qu'un même corps n'a pas les mêmes pouvoirs extincteurs contre l'une ou l'autre : le trichlorure de phosphore, par exemple, très actif contre l'ignition de la braise, à la dose de 6 pour 100, est presque inerte contre la flamme du gaz, à la dose de 40 pour 100 et, inversement, le bromure d'éthyle éteint mieux la seconde que la première.

Une particularité, étonnante en apparence, est le pouvoir extincteur, parfois élevé, trouvé chez des corps eux-mêmes susceptibles de brûler et qui sont, non seulement, des matières à combustion plus ou moins difficile,

comme les dérivés halogénés organiques, mais aussi de purs combustibles, comme le benzène, l'acétate d'amyle, ou la ligroïne légère. A la vérité, dans ce cas, il y a souvent substitution d'une flamme à l'autre, celle des vapeurs de l'extincteur à celle du gaz d'éclairage, mais on constate aussi l'extinction des deux. La ligne de démarcation entre ces deux phénomènes n'est pas nette et l'on observe tantôt l'un tantôt l'autre, avec un même produit, suivant les conditions expérimentales. D'ailleurs, la distinction entre corps combustibles et corps incombustibles est assez arbitraire : à proprement parler, parmi les corps organiques, il n'en est pas qui soient rigoureusement incombustibles, c'est-à-dire incapables, quand ils sont injectés dans une flamme, de consommer une partie de l'oxygène ambiant. Le tétrachlorure de carbone lui-même peut, tout au moins théoriquement, fixer deux atomes d'oxygène (avec libération corrélative de chlore). Aussi, dans la liste qui va suivre, ne se préoccupera-t-on pas de distinguer entre combustibles et incombustibles, ni de spécifier quand il y a remplacement d'une combustion par l'autre : ces considérations n'auront à intervenir que plus tard, quand on discutera s'il y a ou non effet antioxygène.

Notons enfin que les concentrations extinctrices varient souvent avec le régime de la combustion. Les écarts sont même quelquefois considérables, puisque, pour l'oxychlorure de phosphore, les doses actives s'étalent suivant les circonstances, entre 2 et 12 pour 100 en volume. Des différences notables ont été trouvées encore pour le tétrachlorure de carbone et quelques autres.

d. Concentrations extinctrices pour une flamme brûlant 30^{l} de gaz d'éclairage à l'heure et des alimentations en air voisines de 600^{l} à l'heure (les chiffres représentent le pourcentage en volume du gaz ou de la vapeur dans l'air arrivant à la flamme) :

CO^2	40	$CH^3-CH^2-CH^2Cl$	8	$CH^3-CHBr-CH^3$	6
CH^3Cl	20	$CH^3-CHCl-CH^3$	8	CH^2Br-CH^2Br	6
CH^2Cl-CH^2Cl	16	CH^3I	7	C^2H^5I	5
CCl^4	16	$CHCl^2-CHCl^2$	7	$(CH^3)^2CH-CH^2-CH^2Br$	5
$CHCl=CHCl$	13	C^2H^5Br	7	$CH^3-CHI-CH^3$	5
$CHCl=CCl^2$	13	CH^2Br^2	7	CH^2I^2	2,5
$CCl^2=CCl^2$	13	$CH^2=CH-CH^2Br$	7	ClH	40
C^2H^5Cl	13	$CH^3-C^6H^4-Br\,(p)$	7	BrH	20
CH^3Br	10	$(CH^3)^2(CH^3.CH^2)\equiv CCl$	6	IH	>10
CCl^3-CHCl^2	10	$(CH^3)^3\equiv CCl$	6	Cl^2	50
C^6H^5Cl	10	$CH^3-(CH^2)^2-CH^2I$	6	Br^2	10
C^6H^5Br	9	$CH^3-CH^2-CH^2Br$	6	I^2	>2

Pour l'azote, ajouté de même à l'air d'alimentation, la dose extinctrice est de 55 pour 100, ce qui abaisse à 9 pour 100 la teneur du mélange en oxygène.

e. D'après ces chiffres, les corps chlorés sont, en général, moins actifs que les bromés et ceux-ci que les iodés. L'iode organique paraît donc avoir une certaine aptitude à provoquer l'extinction des flammes, caractère à rapprocher de l'effet inhibiteur que Jorissen lui a trouvé, sous forme d'iodure d'éthyle, contre l'explosion des mélanges tonnants.

Toutefois, la fonction de l'élément halogène dans le phénomène extincteur n'est pas simple, car l'activité des corps est sans relation avec leur teneur en halogènes. Le tétrachlorure de carbone, le composé organique le plus chloré que l'on puisse réaliser, est bien inférieur à d'autres chlorures, celui de tertiobutyle entre autres. De plus, les hydracides, corps à teneurs plus élevées encore en halogènes, sont peu actifs, tout comme les halogènes libres eux-mêmes.

Ce n'est donc pas par formation d'hydracide ou par libération d'élément halogène que les corps halogénés éteignent les flammes.

LITHOLOGIE. — *Sur les modifications chimiques et minéralogiques des marnes miocènes de la fontaine du Génie (Algérie) au contact d'un laccolite de granite*. Note (¹) de MM. **L. Glangeaud** et **Boutiron**.

Le Dj. Arroudjaoud, montagne de 500^{m} d'altitude située au bord de la mer, à 15^{km} à l'ouest de Cherchel, présente à sa partie supérieure un lambeau de roches grenues (granite à pyroxène, monzonite quartzifère, syénite) reposant sur des marnes miocènes. C'est là le témoin d'un laccolite intrusif dans les marnes miocènes. Les roches grenues ont modifié sur quelques mètres d'épaisseur les marnes miocènes situées au-dessous. Ce métamorphisme offre un double intérêt par sa fraîcheur et par son mode d'action. Il s'est produit *perdescensum* et sous une *épaisseur de sédiment relativement faible*.

Les marnes cartenniennes ont une composition chimique assez constante dans la montagne considérée. Le pourcentage de SiO^2 oscille entre 45 et 49 pour 100; de Al^2O^3, entre 13,8 et 14,2; de Fe^2O^3, entre 0,8 et 1,2; de FeO, entre 2,3 et 3,1; de MgO, entre 1,2 et 2,4; de CaO, entre 13,2 et 15,6; de Na^2O, entre 1,4 et 1,8; de K^2O entre 2,6 et 2,8.

(¹) Séance du 26 juin 1933.

On constate les modifications minéralogiques et chimiques suivantes en partant de marnes miocènes et en montant vers le laccolite de roches grenues :

1° La calcite des marnes s'agglomère en éléments d'aspect grenu. Des produits micacés se manifestent sous forme de petites paillettes incolores (séricite). Puis se montrent quelques grains de quartz, de feldspath, de pyroxène et des mouchetures d'oxyde de fer : 1m d'épaisseur environ.

2° La quantité de feldspaths (orthose et plagioclases) augmente. La calcite et les produits phylliteux disparaissent et sont remplacés par de fins granules de diopside de quelques μ qui commencent à apparaître à 5 ou 6m du laccolite. Cette *cornéenne feldspathique et pyroxénique* offre en moyenne 3m d'épaisseur. L'analyse chimique de la cornéenne donne des résultats assez différents de ceux de la marne : SiO^2, 62,50; Al^2O^3, 15,41; Fe^2O^3, 4,22; FeO, 2,53; MgO, 2,25; CaO, 5,61; Na^2O, 2,40; K^2O, 2,54; TiO^2, 0,5; H^2O, 1,5.

3° En se rapprochant du contact du laccolite, la prehnite devient de plus en plus abondante. Il se forme par place des lentilles d'une roche d'aspect sphérolitique. Les lames de la *prehnite sphérolitique* y englobent poeciliti-quement les éléments de la cornéenne (feldspath, diopside). Ces lentilles ont de 1m,50 à quelques centimètres d'épaisseur suivant les points et offrent une quantité importante d'alumine et de chaux due à leur richesse en prehnite : SiO^2, 45,52; Al^2O^3, 21,21; Fe^2O^3, 2,83; FeO, 0,81; MgO, 1,45; CaO, 24,46; Na^2O, 1,25; K^2O, 1,22; H^2O, 2,52.

4° La quantité de prehnite diminue fortement et l'on voit apparaître des cristaux de diopside. Les granules de diopside qui existaient dans la cornéenne, s'allongent et présentent alors un aspect microlitique. Ces bâtonnets de quelques dizièmes de millimètre de longueur s'entre-croisent et forment un échafaudage dans les mailles duquel apparaissent des cristaux de feldspath (albite et oligoclase). L'analyse de cette roche, a été faite par M. Raoult : SiO^2, 57,86; Al^2O^3, 9,79; Fe^2O^3, 0,45; FeO^2, 2,88; MgO, 8,92; CaO, 13,00; Na^2O, 4,30; K^2O, 0,32; TiO^2, 0,99; H^2O, 1,51; MnO, 0,21. En minéraux, on obtient par le calcul les résultats suivants : quartz, 1,74; orthose, 1,67; albite, 36,15; anorthite, 6,39; SiO^3Ca, 27,2; SiO^3Mg, 22,3; $SiO^3(Fe+Mn)$, 3,56; magnétite, 0,70; ilménite, 1,52. Et comme paramètres : III.5.2'.5. La richesse en soude et en magnésie de cette curieuse roche est supérieure à celle des marnes carténniennes et des roches grenues du laccolite. Quoique mésocrate, elle est de couleur blanche, mais présente toutefois des zones

brunes où le mica biotite apparaît sous forme de petits cristallites naissants. Par place, des pyroxénites formées de diopside, de prehnite et de chlorite, constituent de petites lentilles au milieu de la roche précédente.

5° Enfin, sur les roches métamorphiques reposent les roches grenues du laccolite dont les analyses ont été reproduites dans ma thèse (¹) avec l'autorisation de M. A. Lacroix, et qui contiennent aussi de la prehnite.

De la comparaison des analyses et de l'étude des relations des minéraux pneumatolytiques, on peut déduire que les modifications des marnes se sont produites en deux temps :

A. Dans une *première phase* (métamorphisme thermique?) se sont formées les cornéennes feldspathiques et pyroxéniques.

B. Dans une *deuxième phase*, des *fumerolles* se manifestent par la production de diopside néogène dans la roche n° 4 et de prehnite dans la roche n° 3. Cette deuxième phase est en relation avec la phase pneumatolytique qui marque la fin de la consolidation du magma intralaccolitique.

Au Dj. Arroudjaoud, le *rôle des phénomènes pneumatolytiques* ressort nettement de l'étude chimique et minéralogique.

PÉDOLOGIE. — *L'analyse dite thermique, appliquée à l'étude du sol.* Note de MM. **V. Agafonoff** et **St. Pavlovitch**.

Depuis longtemps déjà les pédologues se demandaient quelles sont les combinaisons chimiques réalisées dans le sol par les éléments que décèle l'analyse élémentaire. De nombreuses méthodes ont été proposées pour résoudre cette question, mais toutes indirectes. Telle est par exemple celle de Gedroïtz que nous avons nous-mêmes appliquée à la détermination de la composition du complexe absorbant et des bases absorbées.

Presque tous les pédologues reconnaissent que ce complexe se compose principalement d'aluminosilicates hydratés parmi lesquels le kaolin occupe la première place. Mais toujours, dans toutes ces méthodes, et dans les travaux qui s'appuient sur elles, la part est grande à l'hypothèse. L'étude des plaques minces peut elle aussi donner des renseignements précieux; mais dans le cas seulement où la destruction de la roche-mère n'est point trop poussée : quand les processus de destruction siègent encore dans le domaine des substances cristallines (²).

(¹) L. Glangeaud, *Thèse Faculté Sciences*, Paris, 1932, p. 340.

(²) Agafonoff, *Rev. Botan. appliquée et d'Agric. coloniale*, 2, 1929, p. 89 et 90.

Mais dès que l'on arrive à la période de formation des éléments colloïdaux les plaques minces ne sont plus d'aucune aide. Aussi avons-nous pensé appliquer à la solution du problème l'analyse dite thermique. Pour ce but nous avons appliqué le galvanomètre différentiel double de Le Chatelier-Saladin.

La première question que nous avons voulu résoudre par cette méthode était de préciser les distinctions ou les similitudes des sols rouges latéritiques et des sols rouges méditerranéens. Il fallait auparavant déterminer les courbes des minéraux que l'on pouvait s'attendre à trouver dans les différents types de sols : turgite, stylpnosidérite, limonite, gœthite, calcite, hydrargillite, diaspore et kaolin.

L'olivine, l'orthose, le quartz, l'hématite fibreux n'ont donné aucune inflexion caractéristique.

Après avoir précisé ces points de repère nous avons étudié trois sols rouges méditerranéens : sol rouge de l'île Saint-Honorat, d'Antibes III, du cap Ferrat et sol rouge latéritique de Suzannah (Cochinchine).

Ensuite nous avons étudié les colloïdes extraits du sol : sol de Poiré près de Poitiers « rendzine », sol granitique de Moux, sol rouge méditerranéen de Saint-Siffret (Gard).

Pour cette étude on pulvérise le sol le plus finement possible et on le traite par HCl à 10 pour 100 pendant 2 à 3 heures pour le débarrasser de la calcite. On remplit ensuite le petit tube de l'appareil avec la poudre ainsi obtenue. Comme témoin nous avons pris Al^2O^3. Il faut remarquer que souvent la substance durcie colle aux parois du tube et aux fils du couple que l'on est obligé de casser. Pour les colloïdes, la substance fond entièrement et même attaque les fils de platine jusqu'à en provoquer la rupture.

On peut interpréter les courbes obtenues de la façon suivante :

Les courbes des sols méditerranéens (cap Ferrat, Antibes, Cannes, île Saint-Honorat) donnent le crochet endothermique à 500° C. C'est celui qui correspond au crochet endothermique du kaolin, mais avancé de 50° C. Le crochet exothermique se trouve entre 850 et 880°, c'est donc encore celui du kaolin ; mais en avance de 100° à 70° C, en suivant l'échantillon.

L'interprétation de la courbe du sol latéritique de Suzannah est plus difficile. On y voit un premier crochet endothermique à 330° (hydrargillite) ; après un autre crochet endothermique à 500° C qui correspond au premier départ du kaolin. Le crochet exothermique se trouve à 790°; pour le kaolin pur il est à 950°.

On voit donc une nette différence entre le sol de Suzannah et les sols

méditerranéens. Il faut remarquer que tous les crochets endothermiques sont très bien marqués, presque autant que pour le kaolin pur. Les crochets exothermiques sont beaucoup moins nets, même si l'on s'est débarrassé de la calcite qui trouble les phénomènes dus au kaolin.

Dans les courbes des colloïdes nous trouvons d'abord un départ d'eau très net à 100°. Ensuite on note le crochet à 320° qui est celui de la limonite (Poiré I), puis un crochet à 410° qui est celui de la goethite (colloïde n° 2).

Le crochet endothermique qui correspond au premier départ d'eau, dans le kaolin cette fois, se trouve exactement à 550°. Il n'est donc pas décalé de 50° comme dans les sols.

Le crochet exothermique est aussi plus rapproché de celui du kaolin pur (880°) et même se trouve exactement à 950° pour le colloïde n° 4. Le crochet exothermique n'apparait pas toujours parce qu'à une certaine température, au-dessus de 500°, il y a fusion de la poudre du colloïde et le phénomène exothermique est complètement masqué; en même temps le couple est attaqué et les conditions d'expérience bouleversées (colloïde n° 1).

En comparant les colloïdes et le sol lui-même on voit qu'il n'y a pas de différences très grandes ; les deux donnent les courbes du kaolin avec une légère déviation vers la gauche des départs d'eau. Ce décalage est plus marqué pour les sols que pour les colloïdes qui se rapprochent davantage du kaolin pur.

L'intensité du phénomène exothermique est plus forte et plus nette pour les colloïdes que pour les sols sauf, au cas où il est masqué par la décomposition des colloïdes.

D'après ces expériences, nous pensons qu'on peut affirmer que dans les sols étudiés et dans les argiles colloïdales extraites de ces sols se trouve toujours du kaolin parfois cristallin, parfois peut-être amorphe (haloysite), mais ce kaolin se distingue du kaolin pur par le déplacement des points de départ d'eau plus ou moins avancé. On ne peut pas dire quelle quantité d'eau est liée au kaolin des sols.

GÉOLOGIE. — *Sur l'extension du Crétacé dans le Prérif et le Rif méridional, et autres observations nouvelles concernant ces régions.* Note de MM. **F. Daguin** et **J. Lacoste**, présentée par M. Ch. Jacob.

Nous avons précédemment signalé, de façon séparée, la présence du Crétacé inférieur et moyen dans la partie Nord ([1]) et Est ([2]) de la région prérifaine et son extension dans la région rifaine méridionale ([3]).

En outre, l'un de nous a exposé ([4]) que, dans le Rarb, des marnes grises, *en tous points semblables aux marnes miocènes*, contiennent en abondance des Foraminifères du Crétacé supérieur.

Au cours d'une excursion commune, à la fin de 1932, nous avons pu constater que ces marnes grises ont, dans tout le Prérif et dans le Rarb, une extension considérable, et que c'est très généralement ce faciès du Crétacé supérieur qui se trouve au-dessous des marno-calcaires ou du flysch d'âge éocène.

Ce résultat est, nous semble-t-il, de nature à modifier sensiblement certains contours des cartes géologiques de ces régions et aussi à apporter quelques variantes aux hypothèses tectoniques antérieurement formulées.

En 1931 ([5]), nous avions écrit, en résumant des observations communes : « la nappe Trias-Nummulitique n'a pas l'ampleur qu'on lui supposait », et nous étions tombés d'accord pour reconnaître « dans la région Sebou-Ouergha, une série d'écailles enracinées et plis déversés ».

Il paraît maintenant nécessaire de généraliser cette interprétation et de considérer que, dans le Prérif, la couverture secondaire et tertiaire n'a pas dû subir de grands déplacements tangentiels, mais s'est plutôt déformée en plis assez courts qui offrent fréquemment l'aspect d'écailles autochtones, chevauchantes. Nous pensons que ce style est réglé en partie par la formation de rides anté-éocènes et qu'il convient d'admettre que, dans le Prérif où les observations sont moins aisées, comme dans le Rif méridional plus surélevé et plus décapé par l'érosion, l'Eocène fut transgressif sur des plis

---

(1) F. Daguin, *Étude géologique de la région prérifaine*, Thèse, Paris, 1927, p. 233-235.

(2) F. Daguin, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 261.

(3) J. Lacoste, *Comptes rendus*, 182, 1929, p. 719.

(4) J. Lacoste, *C. R. som. Soc. Géol. Fr.*, 1931, p. 37-38.

(5) F. Daguin et J. Lacoste, *C. R. som. Soc. Géol. Fr.*, 1931, p. 186-187.

déjà très accusés de Jurassique et Crétacé, modalités que l'un de nous a brièvement exposées [1].

Enfin, nous avons remarqué que la tectonique salifère dont, il y a plusieurs années déjà, l'un de nous avait envisagé les jeux variés, mais à cette époque « encore mal précisés » [2], intervient dans des accidents d'un style nullement indépendant du style général, mais s'ordonnant, dans la plupart des cas, suivant les directions des plissements prérifains et rifains méridionaux [3].

GÉOLOGIE. — *Sur la série cambrienne des plateaux de Draa (Sud Marocain) et la présence du Géorgien dans cette série.* Note de MM. **Jacques Bondon** et **Louis Neltner**, présentée par M. Charles Jacob.

La grande extension du Primaire dans l'Anti-Atlas et dans les Plateaux du Draa est connue depuis les voyages de Louis Gentil; les travaux ultérieurs de l'un de nous [4] ont permis d'établir l'âge acadien ou antéacadien des formations reposant directement sur le socle antécambien plissé.

Une récente découverte de fossiles (J. B.) nous permet de préciser la stratigraphie et d'établir l'âge géorgien de la base de ces formations.

Dans l'Anti-Atlas et les Plateaux du Draa, la base de la série cambrienne est constituée par une formation puissante de conglomérats à galets antécambriens passant progressivement aux grès, de coulées de rhyolithes et d'andésites, de tufs et de poudingues formés aux dépens des produits volcaniques. De composition irrégulière par sa nature même et d'épaisseur très variable (de 1 à plus de 500^{m}), cette série est très constante dans toute la région.

La partie supérieure du Cambrien présente, suivant les points, deux faciès différents.

1° Faciès occidental (à l'Ouest du méridien de Tazenakht). Il se rapporte à une série très épaisse, pouvant atteindre 1000^{m} de puissance et formée de calcaires dolomitiques coupés de niveaux marneux verts ou rouges, qui a

(1) J. Lacoste, *C. R. som. Soc. géol. Fr.*, 1931, p. 185 et 186; *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 112 et 1589.

(2) F. Daguin, *Thèse*, Paris, 1927, p. 390.

(3) J. Lacoste, *C. R. som. Soc. géol. Fr.*, 1931, p. 113 et 115; F. Daguin, *A. F. A. S.*, Nancy, 1931, p. 207 à 209.

(4) L. Neltner, *Comptes rendus*, **188**, 1929, p. 871.

fourni, vers son sommet, une faune d'*Archæocyathus* et de *Conocephalites*. Vers Tiznit, elle s'enfonce, en concordance, sous l'Ordovicien quartziteux et schisteux du Djebel Tachilla [1]. A sa base, l'on rencontre parfois (Anti-Atlas du Sud de Taroudant), une centaine de mètres de grès et de schistes verts, tandis qu'en d'autres points (Tiouiine, à l'Ouest de Tikirt), elle débute par une alternance de niveaux calcaires et conglomératiques qui montrent un passage continu à la série de base; un passage analogue s'observe dans le Haut-Atlas à 150^{m} au mur des couches à *Paradoxides* et *Ellipsocephalus*.

2° Faciès oriental (à l'Est du méridien de Tazenakht). Vers le Nord (Haut-Atlas, Imini) et vers l'Est (Dadès, Mezguita), les calcaires passent latéralement à des schistes verts gréseux et micacés, coupés de niveaux de grès franc et de calcaire, et qui, vers le haut, passent de façon continue à l'Ordovicien.

Une coupe type des formations à faciès oriental a été relevée par l'un de nous (J. B.) entre Amane N'Issougri et Agdz, sur la piste muletière du Ouarzazat au Mezguita par le Djebel Tifernine; les couches de direction moyenne E 30° N et de pendage S de 5 à 8°, présentent de haut en bas la succession suivante :

9. Schistes verts gréseux et micacés du synclinal du Tamsift, avec de rares passées gréseuses et calcaires à Hyolithes et débris de Trilobites	500 à 800^{m}
8. Passée calcaire mince à *Micmacca ellipsocephaloïdes* et *Protolenus Latouchei*	0^{m},20
7. Grès blancs fins et durs du Tizi N'Ouzdad	150 à 200^{m}
6. Alternances de calcaires et de grès schisteux	150 à 200^{m}
5. Grès roses tendres, avec passées calcaires, de l'Asif Ikhf N'Isly...	100^{m}
4. Alternances de conglomérats et de grès à éléments éruptifs du Tizi N'Tinifift	500 à 600^{m}
3. Andésites à phénocristaux	50^{m}
2. Conglomérats à éléments éruptifs	50^{m}
1. Rhyolithes et andésites à phénocristaux	?

En Angleterre et dans le New-Brunswick, la faune à *Protolenus* se rencontre sous l'Acadien à *Paradoxides* et sur le Géorgien à *Olenellus*; en Angleterre les *Micmacca* se trouvent un peu plus bas dans la série et sont associés aux *Olenellus* dans la célèbre coupe de Comley [2] : ils sont donc

(1) E. SEGAUD et H. TERMIER, *C. R. som. Soc. Géol. Fr.*, 1933, p. 33.
(2) COBBOLD, EDGAR STERLING, *Quart. of the Geol. Soc. of London*, 76, 1920, p. 325.

franchement géorgiens. Il est à remarquer que, dans cette même coupe, les couches à *Protolenus* sont séparées par une lacune de l'Acadien inférieur à *Paradoxides Groomi*, tandis qu'elles font suite en continuité aux couches à *Olenellus* et à *Micmacca* situées à 1^{m} plus bas dans le mur.

Notre niveau fossilifère 8 correspond donc à l'extrême sommet du Géorgien et l'on doit rattacher à ce dernier étage les termes 1 à 7 de notre coupe.

Les grès 7 et les schistes 9 se suivent vers le Nord-Ouest jusque dans la région de Tikirt, soit sur une distance de plus de 100^{km}; nous les avons observés à Ighels, Tislit N'Aït Douchchène et Tafounent, où les coupes du Synclinal du Tamsift et du Synclinal de la Khela Tagragra nous ont donné des séries analogues à celle citée plus haut.

La série de base du Cambrien (conglomérats, grès, laves, tufs et poudingues) peut donc être attribuée au Géorgien, tout au moins à l'est du méridien de Tazenakht; le Géorgien couvre ainsi de très vastes étendues dans l'Anti-Atlas et dans les plateaux du Draa.

GÉOLOGIE. — *Le conglomérat argilo-calcareux dans la région de Kayes et de Bafoulabé (Soudan Occidental) et sa position stratigraphique.* Note de M. L. **Baud**, présentée par M. Ch. Jacob.

Un conglomérat à galets de granite et divers a été signalé en 1932 par M. Furon [1], dans le Sud du Kaarta et le Fouladougou (à 250^{km} à l'Est de Kayes). Cet horizon doit être analogue à celui que j'ai découvert en 1931, d'abord sur la route de Kayes-Nioro (à 30^{km} à l'Est de Kayes), ensuite en de nombreux autres points, et qui occupe une aire considérable dans les cercles de Kayes et de Bafoulabé, ce qui motive sa description et sa séparation en sous-étage de la série des « Grès horizontaux ».

Ce conglomérat est formé d'une pâte argileuse légèrement calcareuse, dans laquelle sont incorporés les cailloux les plus divers, plus ou moins roulés, quelquefois encore nettement anguleux avec simplement des arêtes émoussées. La dimension des éléments est des plus variables. Leur nature est très diverse : on y rencontre des granites roses ou rouges, des granites blancs, des pegmatites, des gneiss, des roches vertes et des quartzites gris-violacés. Ces derniers sont de loin les plus abondants. Parfois le conglomérat est schistoïde, avec très peu de cailloux, et on peut le confondre avec un schiste argileux.

---

[1] *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 56.

Lithologiquement, il ressemble à un conglomérat fluvio-glaciaire : il a en effet une pâte argileuse très dure et renferme des éléments souvent peu roulés, de toutes dimensions et de toutes provenances; enfin le transport des éléments s'est effectué à de grandes distances, puisque Toukoto est à plus de 200^{km} de la région granitique de Kayes.

En moyenne de 20^{m}, la puissance de ce conglomérat atteint 30^{m} en certains points. A la partie supérieure existe un banc de dolomie, qui peut atteindre une dizaine de mètres; il est irrégulier et beaucoup moins fréquent que le conglomérat. L'un et l'autre sont horizontaux.

Répartition géographique. — Dans la région, que je viens d'étudier au Soudan occidental, j'ai déjà reconnu l'horizon du conglomérat argilo-calcareux sur une superficie dépassant 1000$^{km^2}$; mais il s'étend certainement encore dans les régions voisines non étudiées. M. Malavoy l'a remarqué à Bélicoaté (à environ 120^{km} au Nord de Kayes) et dans la région d'Ambidédi (à une trentaine de kilomètres à l'Ouest-Nord-Ouest de Kayes).

Les points où il est le plus typique sont : Kareya, Saboucité, Goumaré, Koniakary, Kabaté dans le cercle de Kayes; Sékoto, Touba, Didian dans le cercle de Bafoulabé; Toukoto, à la limite des cercles de Bafoulabé et de Kita.

Position stratigraphique. — M. Furon considère le conglomérat du Kaarta comme conglomérat de base de la série horizontale; quant à moi, je le place immédiatement au-dessus des quartzites inférieurs horizontaux. Il est presque toujours surmonté de jaspes blancs ou violacés faisant partie du sous-étage des schistes. L'étude de toute cette région m'a d'ailleurs permis d'établir dans la série des « Grès horizontaux » les divisions suivantes en sous-étages :

4. Grès supérieurs.
3. Jaspes et schistes.
2. Conglomérat argilo-calcareux et dolomie.
1. Quartzites et schistes micacés inférieurs.

L'étude des régions voisines prolongera l'extension du conglomérat autour du massif granitique de Kayes, et permettra d'établir sa véritable origine.

GÉOLOGIE. — *Sur l'anthracolithique et le « terrain rouge » des environs de Yunnanfou (Yunnan).* Note de M. **Ed. Saurin**, présentée par M. Ch. Jacob.

Un itinéraire poussé jusqu'à 120^{km} environ au Nord-Ouest de Yunnanfou, sur la route de Tali Fou et à ses abords, m'a permis d'étudier une succession qui s'établit ainsi qu'il suit.

Le substratum est formé de micaschistes à tourmaline et de cipolins, vraisemblablement anté-cambriens, et de quartzites, schistes et grès arénacés, probablement cambriens par comparaison avec les dépôts analogues, fossiifères, du Yunnan oriental. Ce substratum supporte une série anthracolithique; puis vient une puissante série de « terrain rouge ».

Les terrains anthracolitiques, bien développés aux environs immédiats de Yunnanfou, comprennent des masses calcaires et des porphyrites labradoriques. Les récents travaux sur les Fusulinidés [J. Fromaget ([1]), Y. Ozawa ([2])], permettent d'en établir la succession suivante, que de nouvelles recherches complèteraient sans aucun doute :

1° *Ouralien inférieur*, ou passage du Moscovien à l'Ouralien : Calcaires de Je Chouei Tang et de Tzu Men Lu à *Fusulina* aff. *Krotowi* ([3]).

2° *Ouralien moyen* et *supérieur :* Porphyrites labradoriques, reposant sur les calcaires précédents et supportant les suivants.

2° *Permien inférieur :* Calcaires de Tie Fong Ngan à *Neoschwagerina craticulifera*, *Fusulina brevicula*, *F. japonica;*

3° *Permien supérieur :* Calcaires de He Ya Sseu à *Neoschwagerina Douvillei.*

Sur ces terrains anthracolithiques aussi bien que sur le substratum cristallin, le « terrain rouge » repose en discordance. Son épaisseur va en augmentant de l'Est (mince revêtement aux environs immédiats de Yunnanfou) à l'Ouest (puissants remplissages synclinaux et bassin salifère de Yuan Yung Ching-Hei Ching).

Le « terrain rouge » comprend trois termes stratigraphiques :

a. Un conglomérat de base suivi d'alternances rapides et versicolores de grès parfois calcareux et d'argiles schisteuses ou marneuses.

([1]) *Bull. Serv. Géol. Indochine*, **19**, II, 1931, p. 1 à 19.

([2]) *Journ. of the Fac. Sc. Imp. Univ. of Tokio*, Sect. II, **2**, Part **3**, 1927, 26 p., 4 pl.

([3]) Déterminations de J. Fromaget.

b. Des argiles schisteuses lie-de-vin avec intercalations de grès sableux rouges et de grès violets à taches vertes. Cet horizon contient près d'An Ning (25^{km} à l'Ouest de Yunnanfou) des *Estheria*, notamment *E. Zeili* des argiles salifères de Muong Ou Tay (Laos septentrional).

C'est l'horizon salifère et gypsifère, où le sel se trouve soit en masses importantes (bassin d'Hei Ching, production annuelle : 13000 tonnes), soit en faible imprégnations (An Ning).

Les couches *a* et *b* sont plissées, en général d'une façon peu intense.

c. Des grès rouges compacts, *horizontaux*, passant localement à des conglomérats.

En l'absence de documents paléontologiques suffisamment nombreux et probants, l'âge de ce terrain rouge récemment controversé par Heim A. (1) et Credner W. (2) qui, pour des raisons tectoniques l'attribuent au Crétacé ou au Tertiaire, peut cependant être fixé.

En effet, à Y Ping Lang, les couches *a* et *b* plissées supportent une formation horizontale à charbon et à plantes : *Podozamites distans*, *Clathropteris platyphylla*, *Tæniopteris* cf. *Leclerei*, attribuables au Rhétien.

Cette formation semble constituer un équivalent local des grès rouges *c*.

Ainsi compris entre du Permien supérieur à la base et du Rhétien au sommet, le « terrain rouge » plissé de la région considérée (horizons *a* et *b*) ne saurait être que triasique et probablement triasique moyen-supérieur, si l'on considère qu'il s'est déposé sur des surfaces déjà érodées et pénéplainisées (topographies fossiles post-permiennes), qui conduisent à admettre une émersion correspondant au Trias inférieur. Les grès *c*, équivalent stratigraphique du Rhétien d'Y Pin Lang, représentent cet étage Rhétien.

Le plissement des horizons *a* et *b* n'est donc pas dû aux mouvements himalayens comme le supposent les auteurs précipités, mais aux mouvements néo-triasiques, bien connus en Indochine française où le faciès « terrain rouge » présente aussi un grand développement et des coupes sensiblement analogues.

Dans la région yunnanaise parcourue, on peut remarquer que ces mouvements sont contemporains du dépôt du terrain rouge et qu'ils sont allés en s'affaiblissant jusqu'au Rhétien, déterminant la formation de vastes synclinaux lentement approfondis, avec dépôt de sel.

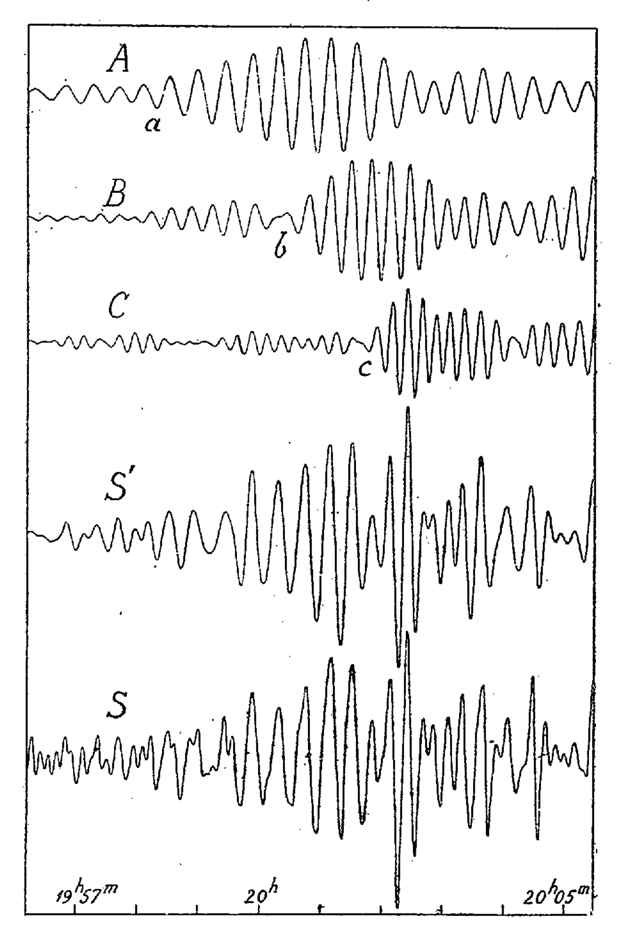
---

(1) A. Heim et K. Krejci-Graf, *Z. der Ges. für Erdkunde zu Berlin*, n° 78, 1930, p. 234.

(2) W. Credner, *Geol. Surv. of Kwangtung and Kwangsi, special publication*, n° 10, Canton, 1932.

SÉISMOLOGIE. — *Analyse d'ondes de Rayleigh.*
Note de M. et Mme **H. Labrouste**, présentée par M. Ch. Maurain.

On sait que les longues ondes inscrites par les séismographes (V) utilisés pour l'enregistrement des mouvements verticaux du sol ne comprennent que des ondes de Rayleigh et sont exemptes des autres ondes superficielles (ondes de Love); elles sont, pour cette raison, moins complexes que celles des pendules horizontaux comprenant, en général, des ondes de Love superposées aux ondes de Rayleigh.



L'aspect des inscriptions fournies par (V) est celui d'oscillations de périodes décroissantes à partir de la tête du train. Une telle apparence fait

généralement envisager l'inscription comme formée d'une infinité de périodes, les composantes dont la vitesse de propagation est la plus grande possédant la fréquence la plus faible. Ces considérations conduisent au tracé d'une courbe de dispersion où interviennent les vitesses de propagation en fonction des pseudo-périodes correspondantes.

Nous avons examiné s'il ne serait pas possible de mettre en évidence, dans le début des ondes de Rayleigh, des composantes individuelles et nous avons tenté une recherche des périodes élémentaires sur un tel train inscrit à Abisko (Suède), à l'aide d'un séismographe Galitzine (V) de 12 secondes de période, lors du séisme de Formose du 1er septembre 1922. Cette étude, effectuée en nous servant d'un procédé d'analyse déjà indiqué, nous a conduits à y reconnaître un nombre très réduit de trains composants, arrivant successivement dans l'ordre des périodes décroissantes; ils reproduisent par synthèse l'aspect de l'inscription séismographique sans qu'il soit besoin de faire intervenir, comme on le rappelait plus haut, l'existence d'une série continue de périodes différentes. Ce résultat conduit à une nouvelle interprétation des ondes de Rayleigh; il permet aussi d'expliquer, par l'interférence de ces trains élémentaires, les variations d'amplitude qu'on observe généralement dès les premières minutes de l'inscription des longues ondes.

Parmi les composantes trouvées dans l'exemple cité, trois sont importantes; elles ont respectivement pour période 25,5 secondes, 19,5 et 14,5 secondes et sont représentées en A, B est C dans la figure. Leur somme S′ reproduit sensiblement le graphique donné S. L'analyse fournit, en réalité, quelques autres composantes de faible amplitude ([1]) et leur addition à la synthèse S′ conduirait à une reproduction encore plus fidèle de S. Mais en se limitant aux composantes prédominantes, on voit que chacune d'elles présente un début assez net en *a*, *b* et *c* (si l'on fait abstration des petites oscillations préliminaires); l'amplitude croît rapidement jusqu'à un maximum et présente ensuite des variations donnant l'aspect de battements. Chacun des trains A, B, C pourrait être envisagé comme la résultante d'un ensemble de sinusoïdes de périodes voisines; quelle que soit l'explication choisie, l'analyse montre entre eux des discontinuités.

([1]) Leurs périodes respectives sont d'environ 39, 12 et 10 secondes; le reste montre en outre une petite oscillation d'une période voisine de 3 secondes, qui n'a pas été isolée.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Étude de l'ozone atmosphérique par une méthode rapide de photométrie visuelle.* Note de M. **J. Gauzit**, présentée par M. Ch. Fabry.

J'ai montré [1] la possibilité d'un dosage de l'ozone atmosphérique par photométrie *visuelle* et j'ai décrit le spectrophotomètre que j'ai construit pour étudier le spectre solaire à différentes distances zénithales.

Pendant ces derniers mois je me suis efforcé de réaliser le plus grand nombre possible de mesures. La difficulté d'observer le Soleil au voisinage de l'horizon et, d'autre part, la luminosité de mon appareil m'ont amené à essayer, pour l'étude visuelle du spectre visible, la méthode du ciel bleu, imaginée par Cabannes et Dufay [2] pour l'étude photographique des bandes ultraviolettes de l'ozone. Je rappelle le principe de la méthode : le ciel au zénith est utilisé comme un diffuseur commode, la diffusion ayant lieu surtout dans les couches basses ou moyennes de l'atmosphère, après traversée des couches hautes riches en ozone. Mais, dans le spectre visible, l'absorption par l'ozone est faible; des troubles atmosphériques inappréciables à l'œil nu peuvent produire des effets supérieurs à l'effet d'absorption qu'on cherche. Par exemple il est rare que la brillance du ciel au zénith varie régulièrement pendant les 2 heures nécessaires pour un dosage d'ozone.

J'ai tourné la difficulté de la manière suivante : le spectrophotomètre permet la comparaison du ciel au zénith et de la lampe étalon pour divers intervalles spectraux choisis soit à l'intérieur, soit à l'extérieur de la bande d'absorption de l'ozone, en dehors des régions comprenant des raies de Frauenhofer intenses ou des bandes telluriques. Lorsque les plages du spectrophotomètre ont été égalisées par déplacement du coin photométrique, la densité du coin est égale au rapport $\log I'/I$, $I_,$ et I désignant les flux lumineux à comparer, émis respectivement par la lampe et par le ciel. Il suffit alors de tracer la courbe représentant, à un instant donné, $\log I'/I$ en fonction de la longueur d'onde : on constate, dans la région d'absorption de l'ozone, une déformation de la courbe qui donne immédiatement la densité optique kx de la couche d'ozone dans la direction des rayons solaires (k, coefficient d'absorption; x, épaisseur traversée par les rayons solaires).

---

[1] *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 892.
[2] *Journal de Physique*, 6e série, 8, 1927, p. 125.

Une série de mesures de x obtenues avec différentes distances zénithales du Soleil donne par extrapolation, l'*épaisseur* de la couche d'ozone suivant la verticale. En prolongeant les mesures lorsque le Soleil est bas sur l'horizon, la variation de x permet d'évaluer l'*altitude* de la couche d'ozone.

Le tableau suivant fait connaître les résultats obtenus à Montpellier depuis le début de l'année. Sauf indication spéciale, c'est la méthode du ciel bleu que j'ai utilisé. Il est à remarquer qu'un beau ciel bleu n'est pas nécessaire : j'ai pu faire des mesures par ciel brumeux, mais uniforme.

Janvier.

Date	21	22	–	–	–	–	–	–	–	–
Épaisseur...	0,33	0,31	–	–	–	–	–	–	–	–

Février.

Date	4	5	9	10	13	15	16	17	24	–
Épaisseur...	0,25	0,26	0,25 (soleil)	0,28	0,30 (soleil)	0,34	0,35 (soleil)	0,32	0,28	–

Épaisseur moyenne : $0^{cm},29$.

Mars.

Date	9	10	22	24	27	28	29	30	31	–
Épaisseur...	0,38 (ciel et soleil)	0,39	0,25	0,30	0,30	0,32	0,34	0,35	0,34	–

Épaisseur moyenne : $0^{cm},33$.

Avril.

Date	2	3	5	6	8	10	15	–	–	–
Épaisseur...	0,36	0,37	0,40	0,39	0,38	0,40	0,38	–	–	–
Altitude....	– (soleil)	–	– (soleil)	– (soleil)	30^{km}	50^{km} (ciel et soleil)	–	–	–	–

Épaisseur moyenne : $0^{cm},38$.

Mai.

Date	1	3	4	8	12	14	16	17	23	29
Épaisseur...	0,37	0,37	0,36	0,40	0,40	0,41	0,36	0,37	0,34	0,32
Altitude....	–	–	40^{km}	–	–	–	40^{km}	–	–	–

Épaisseur moyenne : $0^{cm},37$.

Juin.

Date	1	2	7	8	9	10	21	22	26	–
Épaisseur...	0,34	0,20	0,36	0,30	0,33	0,36	0,39	0,35	0,26 (ciel et soleil)	–

Épaisseur moyenne : $0^{cm},32$.

Les valeurs que je trouve cette année-ci pour l'épaisseur de la couche d'ozone sont notablement plus grandes que celles obtenues en 1931, pendant les mêmes mois à Montpellier, par Ike Duninowski [1], qui utilisait la même bande d'absorption. Cette grande variation en l'espace de deux ans est à rapprocher de celle qui eut lieu en 1912-1914 [2].

La précision des deux méthodes (soleil et ciel) est sensiblement la même. En les utilisant simultanément j'espère obtenir assez facilement des indications sur la répartition en altitude de l'ozone atmosphérique.

PALÉOBOTANIQUE. — *Découverte d'une flore dans le Dévonien inférieur du Pas-de-Calais.* Note [3] de M. **Paul Corsin**, présentée par M. Ch. Barrois.

La carrière de Rebreuve, située à 500^{m} au sud du village portant le même nom, est ouverte dans le plateau dévonien de Beugin.

Elle montre une masse de grès blancs (quartzite) passant à des psammites, et, de-ci de-là, au sein du grès des lentilles d'argiles. Ces argiles peuvent être, par place, très compactes et très pures ; en d'autres points elles sont micacées et plus ou moins arénacées. Leur couleur est variée : elles sont blanches, vertes ou jaunâtres. On trouve dans cette formation des zones gréseuses et des petits lits de psammites se délitant bien. Ces lentilles sont situées à divers niveaux dans les grès ; elles sont quelquefois très petites, mais peuvent aussi atteindre plusieurs dizaines de mètres de largeur sur quelques mètres d'épaisseur.

Le dévonien de la région de Rebreuve et de Beugin n'avait jamais livré de fossiles ; Gosselet le rattachait au Taunusien par analogie avec le grès d'Anor, et en raison de son gisement stratigraphique.

Au cours d'une excursion de la Faculté des Sciences de Lille et de la Société géologique du Nord (7 mai 1933), dirigée par M. le Professeur Pruvost, il a été trouvé, dans une de ces lentilles d'argile, quelques débris de végétaux qu'un premier examen a permis de rapporter à des Psilophytales.

Une exploration méthodique du gisement, faite avec M. le Professeur

---

(1) *Thèse*, Montpellier, 1932.
(2) Cabannes et Dugay, *Journal de Physique*, 8, 2927, p. 353.
(3) Séance du 3 juillet 1933.

Bertrand, m'a livré une florule dévonienne assez riche. Je puis dès maintenant donner la liste des espèces recueillies :

Psilophyton princeps Dawson, *Zosterophyllum* cf. *myretonianum* Lang *Arthrostigma gracile* (Dawson) Kidston (=*Drepanophycus* Gœppert), *Tæniocrada Decheniania* (Gœppert) Kräusel et Weyland, *Tæniocrada* sp., *Hostimella* sp., et divers sporanges.

La plupart des lentilles argileuses interstratifiées dans les grès blancs sont stériles; ce n'est qu'exceptionnellement qu'on y trouve des plantes. La lentille explorée n'a d'ailleurs livré des fossiles que sur un espace extrêmement restreint (quelques mètres carrés).

A côté d'échantillons de *Psilophyton princeps*, tout à fait comparables aux figures types publiées par Dawson, on trouve des sporanges oblongs, effilés qui, je crois, lui appartiennent également.

Tæniocrada decheniania et *Tæniocrada* sp. sont caractérisés par des axes sans ornement, montrant un faisceau central très fin au milieu de tiges quelquefois grosses de plus de 1^{cm}. On trouve, en outre, des tiges de toutes grosseurs ayant les mêmes caractères, jusqu'aux fines ramifications portant des sporanges plus petits et plus ovales que ceux de *Psilophyton*.

Zosterophyllum cf. *myretonianum* Lang, est représenté par un très bel exemplaire, montrant une touffe de tiges très fines et se ramifiant abondamment. Sur ces tiges, on voit de-ci de-là des sporanges réniformes ou ovoïdes, fixés chacun sur un long pédicelle, et montrant très nettement une ligne de déhiscence. Notre espèce est très voisine de l'espèce type décrite et figurée par Lang [1] à cela près que cet auteur décrit les sporanges de cette plante comme étant fixés sur des pédicelles courts, qui sont d'ailleurs peu visibles sur les figures qu'il en donne.

Ces touffes de *Zosterophyllum*, très bien conservées dans les sédiments argileux, me donnent l'impression qu'elles ont été enfouies à l'endroit même où elles croissaient.

La présence de *Psilophyton princeps* et de *Zosterophyllum* cf. *myretonianum* me permet de préciser l'âge du grès en confirmant l'opinion de Gosselet. Sa flore appartient à la moitié supérieure de l'Eodévonien (Siégenien ou Emsien), Taunusien de Gosselet.

---

(1) *Tr. Roy. Soc. Edinburgh*, 55, Part II, 1927, p. 443 et 454; pl. I, II, fig. 1 à 22.

BOTANIQUE. — *La structure des Cyanophycées.*
Note de M. A. **Guilliermond**, présentée par M. Molliard.

La question de la structure des Cyanophycées a été l'objet de récentes recherches de Poljansky et Petruschewsky et de Ch. Hollande. Les deux premiers auteurs se rallient à notre interprétation qui assimile le corps central à un noyau et lui apporte une importante confirmation en démontrant que ce corps central présente la réaction de Feulgen. Au contraire, Ch. Hollande soutient une opinion toute nouvelle. Selon ce savant, le corps central correspondrait à une région de la cellule où s'accumuleraient les produits de sécrétion du protoplasme et dans ce corps central existeraient, en plus ou moins grand nombre, de minuscules noyaux désignés sous le nom de nucléosomes. Ceux-ci seraient souvent constitués par un épinucléosome et un centronucléosome, ce dernier jouant le rôle de centrosome.

Il nous a paru utile de reprendre l'étude cytologique des Cyanophycées, afin de chercher à contrôler ces résultats qui bouleversent toutes les conceptions admises jusqu'à ce jour.

Observées sur le vivant, les Cyanophycées que nous avons étudiées (*Phormidium subfuscum*, *Ph. automnale*, *Ph. mucinatum*, *Anabæna*, *Chroococcacées*) montrent deux parties bien distinctes : 1° une couche corticale, d'aspect homogène, dans laquelle se trouve le pigment à l'état diffus et qui souvent renferme des granulations réfringentes (*Cyanophycin-Körpers*); 2° un corps central incolore et volumineux, de structure plus ou moins granuleuse, et rappelant un peu, dans certaines espèces au moins, l'aspect d'un noyau. La coloration vitale de ces Algues par le rouge neutre ou les bleus de Crésyl ou de méthylène fait apparaître, à la longue, dans la couche corticale, tout autour du corps central, de nombreuses et très petites vacuoles, colorées d'une manière homogène : celles-ci se gonflent considérablement, au cours de l'observation, puis brusquement se décolorent, lorsque la mort se produit, pour faire place à la coloration du corps central qui apparaît alors avec l'aspect d'un noyau; la coloration du corps central est accompagnée de celle de corpuscules métachromatiques qui sont disposés autour de celui-ci ou inclus dans son intérieur. Nous avions admis à la suite de longues observations que les corpuscules résultaient de la précipitation de métachromatine contenue en solution très concentrée dans les petites vacuoles que mettent en évidence les colorants vitaux dans la couche

corticale : cette métachromatine, comme cela arrive souvent, précipiterait en dehors de la vacuole qui la contenait. Poljansky et Petruchewsky, qui n'ont pu obtenir la coloration de petites vacuoles dans la couche corticale, soutiennent, au contraire, que ces corpuscules seraient inclus dans le corps central. Hollande, qui est du même avis, a constaté, comme nous, la présence dans la couche corticale, de petites vacuoles colorées par les colorants vitaux, mais il les considère comme des vacuoles artificielles produites par l'action des colorants vitaux. Il nous semble pourtant, que ni Poljansky et Petruchewsky, ni Hollande n'aient apporté d'arguments suffisants pour permettre de rejeter notre interprétation. Toutefois, on doit convenir que les vacuoles que l'on colore par des colorants vitaux n'étant pas visibles sans coloration vitale, il est difficile de prouver qu'elles préexistent bien. Nous reviendrons plus tard sur cette question et nous bornerons pour le moment à constater que, contrairement à l'opinion de Hollande, les corpuscules métachromatiques des Cyanophycées présentent tous les caractères microchimiques des corpuscules connus sous ce nom dans les Champignons (grains de volutine de A. Meyer).

L'emploi des colorants après fixation par les méthodes ordinairement employées pour la différenciation des noyaux et par celle utilisée par Hollande permet d'obtenir sur des coupes à la paraffine de superbes préparations dans lesquelles le corps central apparaît formé par de nombreux et minces filaments plus ou moins anastomosés, avec épaississement nodaux, c'est-à-dire avec l'aspect caractéristique d'un noyau. Lors du partage cellulaire, ce corps se divise par étranglement par un processus rappelant l'haplomitose. Enfin, comme l'ont montré Poljansky et Petruchewsky, puis Neumann, et comme Hollande lui-même est obligé de le reconnaître, ce corps central présente une réaction de Feulgen toujours extrêmement nette. Ce corps central est, d'autre part, contrairement à l'opinion de Hollande, une formation *absolument permanente de la cellule*. Il semble donc difficile de lui refuser la signification d'un noyau : il ne diffère des noyaux typiques que par sa taille beaucoup plus grande et l'absence de membrane le délimitant du cytoplasme. Quant aux nucléosomes décrits par Hollande, nous ne pouvons confirmer leur existence. Ils proviennent incontestablement d'une interprétation erronée de préparations obtenues par une méthode défectueuse (frottis fixés à l'alcool-éther et colorés par les éosinates de soude de bleu de méthylène) méthode qui a l'inconvénient de donner des nuances très variées aux mêmes éléments cellulaires selon que la régression a été plus ou moins prolongée, ce qui peut amener à de

grosses erreurs d'interprétation. Il importe d'ailleurs de remarquer que Hollande n'est pas parvenu à confirmer ses résultats par l'emploi des méthodes plus sûres que l'on utilise généralement pour la différenciation des noyaux : il n'a pu retrouver et, encore que d'une manière partielle, ses nucléosomes que par des fixations suivies de mordançage prolongé par le bichromate de potassium que l'on sait diminuer la chromaticité du noyau, et seulement, à la suite d'une longue régression, conditions qui ne laissent subsister qu'une coloration partielle du corps central.

Ainsi nos observations nous amènent à confirmer l'opinion classique qui considère le corps central des Cyanophycées comme l'équivalent d'un noyau.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Contribution à l'étude du pouvoir oxydant du chondriome.* Note de M. **Ph. Joyet-Lavergne**, transmise par M. d'Arsonval.

Les caractères morphologiques du chondriome de chacun des types cellulaires étudiés ci-dessous étant déterminés d'après l'action du vert Janus et d'après les résultats obtenus par les auteurs avec les méthodes classiques, nous avons comparé les images que présentent les corps figurés où apparaissent, tout d'abord, les phénomènes d'oxydation dans les cellules avec les images classiques du chondriome de ces cellules.

La feuille d'*Elodea canadensis* est un matériel intéressant pour l'étude de la cellule vivante. D'une part, dans les conditions expérimentales où nous nous plaçons (la feuille étant dans une goutte d'eau entre lame et lamelle), la cellule reste longtemps vivante. D'autre part, les caractères de son chondriome ont été minutieusement décrits par Guilliermond [1] et cette connaissance très précise du chondriome constitue un avantage pour notre méthode de recherches.

Les leucodérivés dont l'oxydation donne une couleur verte ou une couleur bleue sont peu favorables à l'étude, à cause de la présence des chloroplastes et du mouvement des éléments du chondriome. En faisant agir le leucodérivé du bleu de méthyle, on peut, cependant, constater, assez facilement, que ce réactif se colore en bleu au niveau du chondriome.

Les leucodérivés dont l'oxydation donne un produit rouge forment des

(1) *Bul. Biol. France et Belgique*, 61, 1927, p. 1.

images dont l'observation est plus facile. Le leucodérivé du rouge neutre nous a donné de bons résultats. L'oxydation de ce réactif dans la cellule s'effectue au niveau des éléments du chondriome. La couleur rouge ainsi constituée reste, sur la surface des bâtonnets ou des granules, un temps suffisamment long pour que l'image des zones d'oxydation du cytoplasme puisse être bien établie. Le pouvoir oxydant du chondriome apparaît nettement. Le leucodérivé de la fuchsine basique donne des images semblables mais moins faciles à observer parce que le séjour de la couleur sur les éléments du chondriome est ici de plus courte durée.

Ces diverses réactions montrent que le pouvoir oxydant du chondriome peut se manifester sur la cellule végétale vivante. On sait qu'une semblable constatation a été faite pour la cellule animale vivante (1).

Chez les champignons, Mangenot (2) a constaté que le chondriome de l'espèce *Oïdium lactis* donne la réaction des peroxydases. Quand on fait agir, sur les filaments de *Oïdium lactis*, soit le leucodérivé du vert Janus, soit le leucodérivé du vert de méthyle, soit le leucodérivé du vert lumière, on constate que, dans chaque cas, le réactif s'oxyde et se colore en vert au niveau du chondriome. Le leucodérivé du bleu de méthylène, le leucodérivé du bleu de crésyl, le leucodérivé du bleu de Nil, le leucodérivé du bleu de méthyle s'oxydent au niveau du chondriome et se colorent en bleu.

Si l'on cherche à apprécier la valeur relative du pouvoir oxydant du chondriome, en considérant la vitesse et l'intensité des réactions d'oxydation, on constate que les conditions expérimentales dans lesquelles nous nous plaçons ne font pas ressortir un pouvoir oxydant plus élevé pour le chondriome de *Oïdium lactis* qui est le support des peroxydases, que pour les chondriomes qui ne donnent pas la réaction des peroxydases.

GÉNÉTIQUE. — *Réapparition, par hybridation spontanée, d'une espèce d'*Hordeum (H. intermedium *KCK.*). Note de M. **E. Miège**, présentée par M. Blaringhem.

Il est admis, depuis longtemps (*Hyeronimus* Bock, Linné, etc.), que la pollinisation a lieu généralement chez les orges lorsque l'épi est encore enfermé dans la gaine et que cette disposition — compliquée par la fragilité des

(1) Ph. Joyet-Lavergne, *C. R. Soc. Biol.*, **110**, 1932, p. 552.

(2) *Comptes rendus*, **186**, 1928, p. 710.

organes floraux — interdit les fécondations illégitimes et rend même le croisement artificiel assez délicat et aléatoire.

Toutefois, d'après certains auteurs (Körnicke, Vavilov, Lathouwers, etc.), la cleistogamie ne serait la règle que dans certaines espèces d'*Hordeum* et dans les pays froids; de fait, plusieurs cas de staurogamie ont été signalés chez les orges polystiques (Steverson, au Minnesota, en a observé dans les proportions de 0,04 à 0,15 pour 100 selon les années).

Nous avons constaté, en 1931, dans un escourgeon (*H. tetrastichum* Kck. var. *pallidum*, Orzo P.H.), cultivé à Rabat sans aucune variation depuis 1923, la présence d'une orge à deux rangs très particulière, dont les quatre épis, différents, étaient caractérisés par le développement relativement considérable des épillets latéraux stériles, à barbes inexistantes, caduques, ou parfois longues de 1^{cm}. La descendance — constituée en F_2, d'une part, d'exemplaires normaux d'*H. tetrastichum* Kck. et d'*H. distichum nutans*, et d'autre part, de formes spéciales appartenant à *H. muticum distichum* Atter., *H. rostratum distichum* Att. et à *H. rostratum vulgare* Atter. (ou *H. intermedium Haxtoni* Kck.) — semble bien provenir de l'hybridation d'une orge distique et d'une orge polystique, hybridation qui, d'après J. Wilson, puis Lathouwers, donne, en effet, en F_2, une orge à quatre rangs par trois distiques, normales ou aberrantes et, selon Gaines, des formes typiques distiques ou polystiques et des formes intermédiaires variées, à épillets latéraux plus ou moins fertiles.

Le nombre relativement restreint de plantes que nous avons obtenues en 1932 n'a pas permis de vérifier exactement les proportions mendéliennes indiquées par Biffen, Engledow et Weidemann, mais qui ont été cependant très approchées, puisque nous avons compté 10 plantes tétrastiques normales, pour : 8 distiques normales, 21 distiques anormales, soit 29, 3 sans épis.

D'autre part, leur origine hybride est encore accusée par la fragilité de leur rachis qui, d'après le professeur Blaringhem, est un caractère des orges hybrides.

La F_3 a montré : 1° l'homogénéité parfaite de la descendance tétrastique, d'ailleurs très vigoureuse; 2° celle de la descendance distique, assez chétive, et 3° la disjonction des types intermédiaires selon le schéma précédent, à savoir : plantes à quatre et à deux rangs normales, et formes distiques intermédiaires analogues à leurs parents avec, en outre, quelques spécimens nouveaux tels que : *a*, distiques à épillets latéraux pourvus de glumelles pailleuses et très longues, donnant à l'inflorescence l'aspect d'un épi de

seigle, et de fleurs généralement stériles, sauf, parfois à la base du rachis. Ces épillets latéraux sont ou mutiques, ou munis d'une courte barbe et correspondent à *H. distichum muticum* et *rostatrum* Atter.; *b*, tétrastiques, à grains latéraux réduits et à barbules, du type *H. rostratrum vulgare* Att. (*H. intermedium Kck.*); *c*, distiques *deficiens*.

Cet exemple d'hybridation naturelle entre une orge à quatre rangs et une orge à deux rangs est le seul que nous ayons trouvé, de 1921 à 1931, dans la culture d'environ quatre cents variétés. Par contre, en 1933, nous avons observé des cas relativement nombreux de croisements spontanés de même nature et, en particulier, la présence dans plusieurs escourgeons d'*H. rostratum* et *H. muticum* Atter. et, pour la première fois, celle de ces mêmes types dans deux orges distiques (O. de Moravie et O. l'Hamra).

Ces derniers croisements peuvent être rapprochés des faits observés à Poppelsdorf, en 1875, par Kornicke, qui constata l'apparition spontanée, dans deux parcelles d'orges distiques, de plantes à épillets latéraux en partie fertiles et à barbes courtes, dont la descendance était composée de pieds normaux, distiques ou polystiques, et de formes intermédiaires, dont la disjonction ultérieure eut lieu selon le schéma décrit ci-dessus et donna naissance, par sélection successive, aux deux variétés *Haxtoni* et *transiens*, de l'espèce *H. intermedium* Kck., qu'Harlan et Hayes ont également obtenue par la fécondation artificielle de *H. vulgare pallidum* et *H. disticum pamella* et qu'Atteberg désigne sous le nom d'*H. sativum commune*, var. *muticum* Atter.

Il s'est donc produit, à Poppelsdorf et à Rabat, des hybridations naturelles semblables, entre *H. tetrastichum* et *H. distichum*, dont la F_1 a été caractérisée par le faciès distique, accusant ainsi la dominance, au moins partielle, de l'espèce à deux rangs, conformément à l'opinion de Biffen, Blaringhem et Fraser, et dont les générations suivantes ont abouti à l'apparition d'une espèce nouvelle, *H. intermedium*, dont l'origine hybride est ainsi confirmée.

La cleistogamie et l'autogamie, qui sont la règle dans le genre *Hordeum*, rencontrent donc des exceptions, qui semblent surtout fréquentes dans l'espèce *tetrastichum* et sous certaines conditions climatériques.

AGRONOMIE. — *Le Blé, plante à silice.* Note [1] de MM. E. **Blanchard** et J. **Chaussin**, présentée par M. P. Viala.

Les graminées et particulièrement le blé sont considérées depuis longtemps comme des plantes à silice; une belle récolte de blé emporte environ 88^{kg} de silice par hectare, les graminées de prairies naturelles, auxquelles on ne donne pas d'engrais comme au blé, peuvent aller jusqu'à 350^{kg} (de Gasparin).

Joulie a montré que sur 100^{kg} de silice absorbés par des blés de belle venue, il en passe seulement 0^{kg},53 dans le grain et Jodin [2] a pu en opérant sur des milieux liquides, faire accomplir son cycle évolutif complet à une graminée, le maïs, en l'absence complète de silice.

On peut donc se demander, avec Isidore Pierre, si la silice qu'on trouve dans le blé n'est pas entraînée à la suite des ions alcalins, auxquels elle est combinée, sans utilité pour la plante. Les eaux du sol qui contiennent toujours de 6 à 8^{g} de silice par mètre cube en tiennent constamment à la disposition des plantes.

Les résultats que nous avons obtenus, en utilisant la méthode des bouillons de L. Lapicque, qui nous a donné la silice soluble seule intéressante au point de vue physiologique, tiendraient à nous faire adopter un autre point de vue.

Dans une Note antérieure [3], nous avons donné des nombres qui montrent que, en dehors de l'apport d'engrais, la minéralisation du milieu intérieur est principalement composée : de sels d'acides organiques, de phosphates et de silicates, qui, évalués en équivalents électrolytiques se chiffraient par les nombres 0,1187, 0,0477 et 0,0529, les chlorures et les sulfates venant en quantités plus faibles avec 0,0169 et 0,0124.

Or les systèmes : acides organiques en présence de leurs sels, les mélanges de phosphates et le groupe silice-silicates sont des mélanges *tampons* qui peuvent jouer le même rôle au point de vue de la réaction acide du milieu intérieur dans la plante et qui sont comparables par certaines de leurs propriétés physico-chimiques.

L'introduction de l'ion Cl dans la plante; par suite de l'emploi de la sylvinite et du KCl comme engrais, a réduit des deux tiers environ, le groupe des sels à acides organiques dans la plante, ceux-ci immobilisés pour maintenir la réaction du milieu, peuvent alors servir à la constitution des réserves, l'ion Cl peut avoir ainsi un effet

---

[1] Séance du 3 juillet 1933.

[2] *Comptes rendus*, **97**, 1883, p. 344.

[3] *Comptes rendus*, **190**, 1930, p. 1139.

économique, et l'on peut entrevoir alors une action efficace de remplacement des sels à acides organiques par les silicates.

L'introduction de l'ion Cl a peu agi sur l'absorption des silicates et des phosphates, dont les quantités sont de même ordre de grandeur.

Dans le présent travail nous avons voulu, pour préciser, doser comparativement la silice soluble et la silice insoluble, dans le blé et dans l'avoine et aussi dans une autre graminée, le maïs qui a fait l'objet du travail intéressant de Jodin.

Voici les nombres que nous avons obtenus en SiO^2 pour 100 de poids sec de la plante.

	Silice soluble.	Silice totale.	Pour 100 de soluble.
Blé plante totale (fin mai).			
Témoin	0g,61	3g,00	20,3
Avec sylvinite	0,54	3,59	15,02
Avec KCl	0,47	4,34	10,8
Avoine totale (fin mai).			
Témoin	0,82	2,32	35,3
Avec CaO	0,64	4,87	13,1
Avec KCl	0,79	1,30	60,6
CaO et KCl	0,77	2,38	32,2

Maïs feuille (1er juillet).

	KCl $+NO^3.Na$.	SO^4K^2 $+NO^3.Na$.	Super $+NO^3.Na$.	$SO^4.K^2$ +super $+NO^3.Na$.	Super.	Témoin.
Silice soluble	traces	traces	0g,0035	0g,0045	0g,0033	0g,0033
Silice insoluble	0g,37	0g,56	0g,40	0g,30	0g,28	0g,33

Le blé, qui dans son milieu intérieur soluble, s'est montré dans toutes nos recherches plus riche en silice que toutes les plantes cultivées, haricot, navet, pomme de terre, etc., conserve une teneur en silicates qui se maintient assez fixe, même avec les influences culturales et les engrais, et qui est de l'ordre de celle en acide phosphorique, mais l'accumulation dans ses tissus de quantités véritablement considérables à l'état insoluble serait peut-être la marque de son rôle antiacide; il en est de même pour l'avoine.

Quant au maïs sa faible faculté d'absorption pour la silice en pleine terre explique la possibilité de culture sans silice faite par Jodin.

Le rôle de la silice et des silicates dans la plante serait celui d'une substance tampon pouvant diminuer la quantité des acides organiques

immobilisés dans la plante, et servant au moment des migrations de l'acide phosphorique vers les organes de réserve, de substance de remplacement, remplissant d'autant mieux ce rôle que les propriétés physico-chimiques des silicates sont plus voisines de celles des phosphates.

N.B. — Dans le dosage de la silice, il faut prendre soin de débarrasser les parties de la plante étudiées des poussières adhérentes.

ZOOLOGIE. — *Développement de l'appareil génital dans les deux formes (A et B) de* Bullinus contortus *Mich.* Note de M. **Marc de Larambergue**, présentée par M. M. Caullery.

Dans une Note antérieure [1], j'ai signalé l'absence d'appareil copulateur chez certains individus de *Bullinus contortus* et donné la description anatomique des deux types ainsi distingués : *type A*, dont les organes génitaux sont normaux; *type B*, dépourvu d'appareil copulateur et à prostate réduite.

J'ai cherché à déterminer comment se réalisaient ces deux types anatomiques au cours du développement, par l'étude comparée, au moyen de coupes sériées et de dissections, de jeunes Bullins de tailles croissantes provenant de souches connues donnant soit une majorité de *A*, soit une majorité de *B*.

Mes observations peuvent se grouper en trois ensembles, d'après les régions envisagées : organe copulateur, voies mâle et femelle, ovotestis.

a. L'ébauche de l'appareil copulateur était déjà visible sur les coupes de jeunes Bullins *A*, fixés à l'éclosion. C'est un petit massif cellulaire entourant une invagination ectodermique, situé dans l'épaisseur des parois du flanc gauche, immédiatement en arrière de la base du tentacule gauche. Cette ébauche évolue rapidement et donne d'abord un tube, dont une extrémité reste en rapport avec l'épiderme et débouche à l'orifice mâle, tandis que l'autre, flottant dans la cavité générale, au voisinage du bulbe buccal et de l'œsophage, communique avec le canal déférent. Le tube pénial se courbe, ses parois se différencient et les diverses parties se dessinent ensuite. L'appareil copulateur acquiert très vite une prédominance de taille sur le reste du tractus génital; sa position antérieure permet facilement de l'observer sur de jeunes mollusques de 3^{mm} (hauteur de la coquille)

---

(1) *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 174.

en extension, grâce à la transparence des tissus, et l'on peut ainsi reconnaître le type sur le vivant.

L'ébauche péniale se retrouve aussi sur les coupes de jeunes *B* au moment de l'éclosion, avec les mêmes caractères que celle des jeunes *A*, mais avec une taille un peu réduite. La cavité tubulaire de l'invagination est bordée d'un épithélium, dont les cellules sont plus hautes et plus serrées que celles qui constituent l'épiderme auquel il se raccorde. Cette invagination est creusée dans un petit massif de cellules à noyau fortement colorable. Mais cette ébauche n'évolue point. Sa cavité se dilate parfois en petite ampoule mais sans donner naissance à un tube, et les différentes tuniques de l'organe normal ne s'édifient pas. L'ensemble subsiste, indifférencié, inclus dans l'épaisseur des parois du corps de l'adulte. Il peut n'être visible que sur les coupes, ou présenter l'aspect d'une légère cicatrice perceptible à la base du tentacule gauche.

b. Dans la portion moyenne du tractus génital, la voie femelle subit un développement et une différentiation comparables dans le cas des *A* et des *B*; utérus et glande de l'albumine n'atteignent tout leur volume qu'à l'approche de la ponte.

On observe au début une évolution parallèle dans les deux séries pour la prostate. Cette glande se forme dans une région du conduit mâle primitif et apparaît comme une dilatation de sa face dorsale appliquée contre l'utérus. En cette région, la paroi se complique de nombreux replis et de diverticules en doigt de gant, dont les cavités convergent vers un réceptacle correspondant à la lumière du conduit primitif. Jusqu'ici les phénomènes sont tout à fait semblables dans les deux séries. Mais lorsque les jeunes ont atteint 5 ou 6^{mm}, à l'approche de la maturité génitale, la prostate augmente considérablement de volume chez les *A*; tandis que chez les *B*, elle ne s'accroit plus et devient l'organe atrophié qui, dans les adultes est caché entre l'utérus et la poche copulatrice étroitement appliqués l'un contre l'autre.

L'évolution histologique de la prostate est la même dans les deux types jusqu'à l'édification des acini, mais, chez les *B*, les cellules de l'épithélium qui les tapisse ne subissent qu'un début de différenciation glandulaire et n'accumulent point la masse de sécrétions qui donne tout son développement à la prostate normale des *A*.

c. L'ovotestis apparaît de bonne heure et les éléments sexuels se forment bien avant que l'appareil génital ne soit apte à fonctionner. Je n'ai point remarqué de différence dans l'évolution de ces glandes.

Les quelques observations relatées dans cette Note préliminaire indiquent que le caractère différentiel fondamental réside dans le non développement, chez les Bullins *B*, de l'ébauche péniale cependant présente. L'évolution de la prostate suit d'abord un cours normal, mais cette glande n'atteint pas chez eux un stade fonctionnel.

Les pontes de Bullin (6 à 15 œufs environ) obtenues par autofécondation donnent naissance le plus souvent à une population mixte. La réalisation des deux types, sans intermédiaire, parmi les descendants d'une même ponte, élevés dans le même bocal, indique que leur origine relève d'un déterminisme interne, dont la première manifestation serait l'avortement de l'ébauche péniale. L'étude de ce déterminisme, au point de vue génétique est en cours.

ZOOLOGIE. — *Atrophie de l'organe nasal nadiral chez certains Poissons Hétérosomes*. Note de M. **Paul Chabanaud**, présentée par M. M. Caullery.

En dépit de la différenciation réductrice dont se montre généralement affecté l'organe nasal de la face nadirale des *Trinectidæ* (formes dextres) et des *Bothidæ* (formes sénestres), la disparition de cet organe n'a encore été envisagée qu'avec doute et dans le seul cas d'un Trinectidé, *Gymnachirus nudus* Kaup [1].

Un Bothidé, *Zeugopterus hirtus* Abild., et un Pleuronectidé, *Samaris cristatus* Gray (forme dextre), se montrent cependant totalement dépourvus d'organe nasal nadiral.

Chez *Zeugopterus hirtus* (*vulgo* Targeur), les deux narines zénithales sont très voisines l'une de l'autre ; l'osphradium est une rosette subcirculaire de *laminæ* unciformes, peu nombreuses (16 ?) mais bien développées, et qui occupe à peine la moitié rostrale de la capsule ; celle-ci, relativement vaste, s'étend jusqu'à l'orbite ventrale ; un profond sac sous-ethmoïdien s'ouvre par un large aditus, situé dorso-caudalement, par rapport à l'osphradium. Le foramen olfactif du pleurethmoïde correspondant (gauche) est très ample et s'ouvre en direction rostrale. Le foramen du pleurethmoïde nadiral est, au contraire, étroit, circulaire, mais complètement obturé par une cloison osseuse, plus mince que la paroi

(1) *Bulletin de l'Institut Océanographique*, Monaco, n° 523, 1929, p. 7 et 37. Les noms de famille ou de sous-famille *Achirinæ* et *Trinectidæ* sont synonymes; le second devant prévaloir, pour des raisons de priorité.

environnante, ce qui implique la disparition du nerf olfactif droit, au moins à ce niveau. Le vomer (denté) est saillant en avant du mésethmoïde.

Cette espèce est encore caractérisée par la perforation de son septum interbranchial, par sa ligne latérale incurvée et présente sur les deux faces du corps, par sa nageoire dorsale débutant sur le bord même du sillon labial, à droite de la symphyse prémaxillaire, et par ses pelviennes (6 rayons) en majeure partie soutenues par l'urohyal, parallèles entre elles et toutes deux attachées au premier rayon de l'anale. L'anus s'ouvre devant ce rayon, entre les pelviennes; la papille urinaire est zénithale et saillante au-dessus du premier rayon de l'anale. Vertèbres : 35 dont 10 abdominales; diapophyses présentes à partir de la vertèbre 4, devenant transverses à partir de la vertèbre 12 et développées jusqu'à la pénultième, s'ajoutant, à partir de la vertèbre 11 aux hémapophyses, qui n'existent que dans la région caudale (vert. 11 à 34); côtes de 2 à 10, sessiles sur 2 et 3.

Samaris cristatus Gray (♂, mer Rouge) est remarquable par l'allongement des rayons antérieurs de sa dorsale, dont la base est reliée à la mandibule, sur la face aveugle, par un pli cutané appliqué contre la tête et à bord libre vertical; pectorale zénithale seule présente, longue (4 rayons); pelviennes (5 rayons) parallèles et en grande partie soutenues par l'urohyal; la zénithale, reliée à l'anale, présente un grand allongement de certains de ses rayons; l'anus est mésial et interposé entre la pelvienne nadirale et le premier rayon de l'anale; la papille urinaire est saillante contre le dernier rayon de la pelvienne zénithale. Vomer inerme, très saillant en avant du mésethmoïde.

Les narines zénithales sont tubulées et très voisines l'une de l'autre; l'osphradium, occupant la totalité de la capsule, est constitué par 9 lamelles longitudinales et parallèles, cultriformes mais subanguleusement surélevées; pas de sac annexe. Le foramen du pleurethmoïde zénithal est très ample. La face aveugle (gauche) ne présente aucune trace d'organe nasal; le pleurethmoïde nadiral, fortement comprimé contre le mésethmoïde, forme une profonde concavité, s'ouvrant rostralement et dont le fond est perforé par un très petit foramen (peut-être obturé par une membrane).

Vertèbres : 39 dont 11 abdominales; les 4 antérieures inermes; la 5ᵉ est armée d'une paire d'hémapophyses libres, ainsi que les vertèbres suivantes, jusqu'à la 11ᵉ; à partir de la 12ᵉ (initiale caudale), l'arc hémal est constitué; à partir de la 6ᵉ, chaque vertèbre porte, en sus des hémapophyses, une paire de diapophyses présentes jusque sur la pénultième.

Classés par Tate Regan (¹), à cause du sens opposé de leur version somatique, dans deux familles distinctes, *Zeugopterus hirtus* et *Samaris cristatus* témoignent cependant de certaines analogies troublantes. D'apparence purement convergente, l'atrophie de l'organe nasal nadiral ne saurait être attribuée au prolongement rostral de la nageoire dorsale, puisque cet organe existe dans nombre d'autres formes (*Soleidæ*, etc.), chez lesquelles la dorsale acquiert une position encore plus avancée; cette atrophie semble plutôt consécutive à la forte compression de la moitié aveugle de la région céphalique. En outre de la similarité de la disposition des pelviennes, la suppression de l'organe nasal nadiral s'accompagne d'une morphologie de la colonne vertébrale qui est très spéciale dans l'ensemble de la série des Poissons Hétérosomes; si bien que, du moins dans le cas présent, le sens de la version somatique perd singulièrement de l'importance qui lui a été attribuée jusqu'ici.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Action de la lécithine et du chlorure de magnésium sur la vie et la reproduction des Cladocères.* Note (²) de M. **A. Pacaud**, présentée par M. F. Mesnil.

Continuant les essais (³) en vue de la constitution d'un milieu d'élevage pour les Cladocères, à partir de substances chimiquement définies, j'ai obtenu de nouveaux résultats concernant la survie et la reproduction (dans des milieux incomplets) des deux espèces suivantes : *Moina brachiata* Jur. et *Simodaphnia vetula* Müll.

Les résultats concernant la survie dépendent évidemment, pour une part, de la souche utilisée. Ils sont seulement comparables entre eux et, pour cela, il faut : *a*, pour chaque essai, prendre des jeunes d'une même génération ou mieux d'une même ponte; *b*, leur faire subir le même nombre de passages dans l'eau distillée, car la vitalité ultérieure des Cladocères diminue quand ce nombre augmente. Mais, étant donnée la limite de purification imposée par divers facteurs (impuretés de l'eau distillée, solubilité du verre), on calcule qu'il est inutile, au point de vue chimique, d'aller au delà d'un petit

(¹) *Annals and Magazine of Natural History*, 8ᵉ série, 6, 1910, p. 491.

(²) Séance du 3 juillet 1933.

(³) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1050. Dans cette Note, page 1051, ligne 25, *au lieu de* de, *lire* jusqu'à.

nombre de transferts. Si, d'autre part, par ce procédé, la stérilisation des jeunes Cladocères n'est pas complète, elle est cependant suffisante pour ne pas introduire un élément d'inconstance dans les résultats obtenus : la cohérence des variations constatées, en modifiant les conditions chimiques, montre en effet, que le facteur bactérien, quel que soit son rôle, doit être, pour le moment, considéré comme constant dans les conditions de mes expériences.

Ces conditions étant données, j'ai observé un premier ensemble de faits concernant les facteurs chimiques de la vie individuelle et de la reproduction des deux espèces étudiées. Toutes les expériences ont été faites à une température de 20-22°.

A. Reprenant mes essais antérieurs, j'ai été amené à modifier légèrement les proportions. J'introduis les jeunes Cladocères dans le milieu :

$$\text{glycocolle } 2 + \text{Ca Cl}^2\ 2 + \text{eau distillée } 1000.$$

On est en outre en présence de traces de Na^+ dues au verre. Avec *Moina brachiata*, on observe : survie moyenne, 4 à 5 jours; limite, 13 jours. Parmi les ♀ qui atteignent l'âge adulte, un très petit nombre seulement pondent un ou deux œufs. Ces œufs d'ailleurs dégénèrent dans la poche incubatrice. La reproduction parthénogénétique ne s'effectue donc pas dans ce milieu, ni la reproduction sexuée d'ailleurs.

Avec *Simodaphnia vetula* les résultats sont tout à fait comparables.

B. En ajoutant à ce milieu 1/1 000 000ᵉ (en poids) de lécithine (lécithine du jaune d'œuf pure) on améliore les conditions de la vie individuelle d'une façon très sensible. La survie moyenne passe à 9 jours, la limite à 16 jours. Mais, en ce qui concerne la reproduction, on observe seulement une augmentation de la proportion des ♀ qui manifestent une ébauche d'activité ovarienne. Les rares œufs pondus dégénèrent encore d'une façon très générale. Ni la reproduction parthénogénétique, ni la reproduction sexuée, ne s'effectuent donc dans ce milieu, pas plus que dans le précédent.

Mêmes résultats avec *Simodaphnia vetula*.

C. A ce second milieu, j'ai ajouté du chlorure de magnésium de façon à obtenir le mélange : glycocolle [1], 2/10 000ᵉ ; $CaCl^2$, 2/10 000ᵉ ; $MgCl^2$, 5/100 000ᵉ ; lécithine, 1/1 000 000ᵉ ; eau distillée ; traces de Na^+ de l'ordre du millionième provenant du verre. Il y a lieu, cette fois, de distinguer les résultats obtenus avec chacune des deux espèces.

---

(1) Le glycocolle utilisé contient des traces de soufre organique.

Avec *Moina brachiata*, l'addition de $MgCl^2$ produit une amélioration considérable. La survie moyenne est augmentée de beaucoup : elle passe à 14 et 15 jours ; limite 20 jours. La taille augmente, tout en restant inférieure à la taille normale. Enfin, la reproduction parthénogénétique s'effectue cette fois avec une régularité remarquable. Pratiquement, toutes les ♀ devenues adultes pondent (4 à 8 œufs par ponte en moyenne), et l'on observe très fréquemment plusieurs pontes successives. Un tiers des œufs environ donnent des embryons qui avortent. Les autres donnent des jeunes normaux, parfaitement viables. Séparés et transportés sur un milieu identique, ces jeunes se développent, donnent à leur tour une seconde génération parthénogénétique, susceptible elle-même d'être élevée et d'en donner une troisième toujours sur le milieu indiqué ci-dessus. J'en suis actuellement à la quatrième génération obtenue dans ces conditions.

A titre de comparaison, on peut constater : 1° que la vie moyenne obtenue dans ce milieu synthétique est inférieure à la vie moyenne observée dans la nature de 5 ou 6 jours environ (à $t°$ égale bien entendu); 2° que la taille est également inférieure à la normale ; 3° que la reproduction parthénogénétique, s'effectuant très régulièrement, donne néanmoins, pour chaque ponte, un nombre de jeunes inférieur à celui que l'on obtient dans des cultures vigoureuses sur milieu empirique (4 à 5 jeunes au lieu de 15 à 20). Tout se passe donc comme si l'on était déjà en présence d'éléments fondamentaux, mais non suffisants, pour obtenir le rendement optimum.

Il est d'ailleurs possible d'améliorer ce rendement sans ajouter d'éléments nouveaux, en modifiant seulement les proportions relatives des précédents. C'est ainsi que la reproduction parthénogénétique semble conditionnée, au moins autant par le rapport Ca/Mg que par la quantité absolue de ces deux corps. Essayant de déterminer la valeur optima de ce rapport, on se heurte à des difficultés dues à l'action modificatrice importante exercée par d'autres corps, notamment la lécithine. Pour l'instant, le rapport $Ca/Mg = 3$ m'a donné de bons résultats dans le milieu ci-dessus indiqué. Si l'on augmente la proportion relative du magnésium, on constate que la proportion des avortements augmente. Bien entendu, il n'y a pas lieu de penser que ce rapport soit forcément celui que l'on rencontre dans les milieux naturels, où la présence d'autres ions introduit certainement des phénomènes de suppléance, d'activation, d'antagonisme, qu'il y a lieu de rechercher.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur l'absence de l'alpha-cellulose dans le bacille tuberculeux.* Note de M. **O. Binder**, présentée par M. G. Urbain.

Le bacille tuberculeux renferme, d'après certains auteurs, entre autres polysaccharides une substance qui a été considérée tantôt comme de la cellulose [Hammerschlag, Schweinitz et Dorset, Baudran, Warkany (¹)], tantôt comme un produit moins condensé, de la nature des hémicelluloses [Dreyer et Marpmann (²)], des hydrocelluloses ou des pseudocelluloses [Auclair et Paris (³)].

La teneur en cellulose serait d'après Hammerschlag de 28,1 pour 100 rapportée au corps bacillaire sec, de 3,6 à 5,5 pour 100 d'après Baudran et de 7,1 pour 100 d'après Warkany.

Cependant l'existence de la cellulose dans le bacille tuberculeux cultivé sur bouillon glycériné a été contestée par Nishimura (⁴) qui ne l'a pas retrouvée d'une manière certaine, ni dans le bacille ni dans les organes tuberculeux où elle avait été signalée par Freund, Kabrhel et Dreyfuss (⁵).

Il m'a paru donc utile de reprendre la question de l'existence de la cellulose dans le bacille tuberculeux et de rechercher si celui-ci contenait effectivement de l'alpha-cellulose identique aux celluloses végétales.

Les recherches rapportées ci-dessous ont été effectuées sur des bacilles tuberculeux de souche bovine (Vallé) âgée de 5 à 6 semaines et cultivées sur un milieu de Sauton (⁶).

Les bacilles ont été tués par chauffage pendant 30 minutes à l'autoclave à 110°. Après décantation ils ont été lavés à l'eau, puis dégraissés par extraction successive à l'acétone, à l'alcool méthylique et au chloroforme dans un appareil de Kumagava. Les corps bacillaires ont été ensuite traités au bain-marie pendant une heure par dix fois leur poids de soude à 2 pour 100 pour

(¹) A. Hammerschlag, *Sitzungsber. d. K. Akad. d. Wissench. Wien*, **97**, Abt II_b. 1888, p. 986; E. A. de Schweinitz et M. Dorset, *British med. Journ.*, **1**, 1900, p. 745; G. Baudran, *Comptes rendus*, **112**, 1906, 657; J. Warkany, *Zeitschrift für Tuberkulose*, **42**, 1925, p. 184.

(²) D'après A. Calmette, *L'infection bacillaire et la tuberculose*, Masson, Paris, 1928, p. 78.

(³) Y. Auclair et L. Paris, *Comptes rendus*, **144**, 1907, p. 278.

(⁴) Toyosaka Nishimura, *Archiv. für Hygiène*, **21**, 1894, p. 52.

(⁵) E. Freund, *Jahrbüchern des Gesellschaft Wiener Aerzte*, **28**, 1886, p. 334; A. Kabrhel, *Allg. Wiener medic. Zeitung*, n° **10**, 1888, p. 1; J. Dreyfuss, *Zeitschr. f. physiol. Chemie*, **18**, 1893, p. 358.

(⁶) Ces bacilles m'ont été donnés par M. Vaisman du laboratoire de M. Levaditi.

éliminer la majeure partie des matières protéiques. Ils ont été séparés par centrifugation, puis après lavage à l'eau traités successivement par une solution d'hypochlorite de sodium à 2 pour 100 et de bisulfite de sodium à 1 pour 100. Le résidu final qui représente 1^{dg}, soit environ 2 pour 100 des bacilles dégraissés secs, a été ensuite lavé et séché. La cellulose, si elle existait devait se retrouver dans le résidu. Effectivement cette partie paraît contenir une certaine quantité de matières cellulosiques, mais un examen au microscope polarisant m'ayant permis de reconnaître la présence des débris cellulosiques provenant d'une introduction accidentelle de cellulose au cours des cultures (ballons bouchés au coton) extractions (dans des cartouches en papier), de nouvelles cultures ont été effectuées dans des ballons spéciaux de manière à éviter l'introduction de cellulose étrangère. Je me suis servi de ballons dont les cols étaient munis d'une longue tubulure latérale recourbée vers le bas et bouchée à la partie inférieure par un très petit tampon de coton. Les cols des ballons, après introduction du milieu de culture et ensemencement, étaient bouchés avec des bouchons de caoutchouc, recouverts avec des capuchons de caoutchouc. Le dégraissage des bacilles a, en outre, été effectué au Kumagava en prenant la précaution d'enfermer les bacilles dans des cartouches d'extraction en pâte de verre poreuse.

De cette manière je suis arrivé à avoir des corps microbiens, qui après les opérations décrites précédemment, fournissaient un résidu. Celui-ci, bien que soluble dans la liqueur de Schweitzer, donne avec la soude à 17 pour 100 des solutions colloïdales floculées par l'acide acétique, caractère qui le distingue de la cellulose-α. En outre le précipité obtenu contient de 1,5 à 1,8 pour 100 d'azote et ne donne pas le diagramme de rayons X caractéristique de la cellulose-α, mais seulement un cercle amorphe que j'ai d'ailleurs observé à toutes les phases de la purification des bacilles.

De ces études on peut conclure que l'alpha-cellulose n'existe pas dans le bacille tuberculeux.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur les acides organiques des jus de raisins.* Note [1] de MM. **Lucien Semichon** et **Michel Flanzy**, présentée par M. P. Viala.

La présente Note a pour but de montrer l'existence dans le jus de raisin d'acides organiques non encore signalés, d'indiquer la manière de les doser,

[1] Séance du 3 juillet 1933.

de donner pour les acides antérieurement connus des modes de dosage plus précis.

Pour rechercher ces acides, les auteurs préfèrent généralement à la méthode colorimétrique de A. Berg et G. Gerber (1) l'une des méthodes pondérales établies par Mestrezat (2), Laborde (3), Ferré (4). Elle consiste à provoquer dans le jus de raisin un précipité alcoolo-barytique ou alcoolo-calcique. La différence A — T entre le dosage A des acides organiques totaux déterminés par la mesure de l'alcalinité des cendres ou le dosage pondéral du Ca ou Ba correspondant, et le dosage T de l'acide tartrique dans ce précipité redissous dans l'eau et filtré, est regardée comme étant de l'acide malique.

Nous préférons exprimer les acides organiques totaux en additionnant l'acidité totale du moût et l'alcalinité de ses cendres exprimées en SO^4H^2 (5).

Pour le dosage de l'acide tartrique dans le moût, nous employons la méthode au racémate de chaux préconisée d'abord par Pasteur (6) qui employait l'eau de chaux comme agent précipitant. Kling (7) emploie l'acétate de calcium. Nous préférons le sulfate de calcium en solution aqueuse qui ne précipite pas du tartrate gauche ajouté en léger excès; on n'a plus besoin de purifier le précipité.

La différence A — T indique, non l'acide malique, mais l'acidité non tartrique.

H. Besson (8) dose polarimétriquement l'acide malique par formation préalable d'émétique à l'aide d'une solution d'oxalate de potasse et d'antimoine. Mais il n'a appliqué sa méthode qu'aux solutions d'acide malique pures ou additionnées d'acide citrique.

Pour l'application aux jus de raisin nous neutralisons optiquement l'acide tartrique par une addition de tartrate gauche d'ammoniaque égale à la quantité d'acide tartrique existante, antérieurement déterminée. Les résultats sont très satisfaisants dans les mélanges de malates, tartrates et citrates.

---

(1) A. Berg et G. Gerber, *Bull. Soc. Chim.*, 3e série, **15**, 1896, p. 1050.
(2) Mestrezat, *Comptes rendus*, **143**, 1906, p. 185.
(3) Laborde, *Comptes rendus*, **165**, 1917, p. 793.
(4) Ferre, *Ann. Fal. Fr.*, **21**, 1928, p. 75.
(5) L. Semichon et M. Flanzy, *Ann. Agron.*, nouvelle série, **2**, 1932, p. 199.
(6) L. Pasteur, *Études sur le Vin*, 2e édit., 1873, p. 269.
(7) A. Kling, *Bull. Soc. Chim.*, 4e série, **7**, 1910, p. 567, 4e série, **11**, 1912, p. 686.
(8) H. Besson, *Ann. Fal. Fr.*, **23**, 1930, p. 218.

Ce dosage de l'acide malique nous donne des chiffres très inférieurs à la différence A — T. Contrairement à ce qu'on exprimait jusqu'ici, cette acidité non tartrique contient donc d'autres acides que l'acide malique, qu'ils agissent ou non sur la lumière polarisée.

Nous y avons caractérisé l'acide glyoxylique. H. Brunner et E. Chuard (1) l'avaient bien signalé dans les raisins verts et l'ont indiqué comme disparaissant avant la maturité. Nous en avons trouvé même dans les vins.

Ch. Ordonneau avait nié l'existence de cet acide glyoxylique, considérant que c'était de l'acide tartro-malique (2). H. Brunner et E. Chuard se servaient de la réduction du nitrate d'argent ammoniacal pour caractériser l'acide glyoxylique. Cette réaction n'est pas spécifique.

Nous dosons l'acide glyoxylique en appliquant la réaction de Cannizzaro. A la suite d'une ébullition d'une heure avec de la potasse, deux molécules d'acide glyoxylique donnent intégralement une molécule d'acide glycolique et une molécule d'acide oxalique, lequel est aisément dosable.

Dans un premier essai $82^{mg},7$ d'acide glyoxylique ont donné $49^{mg},6$ d'acide oxalique correspondant à $81^{mg},6$ d'acide glyoxylique. Dans un deuxième essai $148^{mg},1$ d'acide glyoxylique ont donné 90^{mg} d'acide oxalique correspondant à 148^{mg} d'acide glyoxylique.

Les dosages de l'acide malique et de l'acide glyoxylique ne comblent pas, il s'en faut, la différence A — T. Il y a encore d'autres acides et notamment d'autres acides aldéhydiques.

L'argent réduit, obtenu par l'action du nitrate d'argent ammoniacal redissous et précipité sous forme d'iodure d'argent, mesure la fonction réductrice de l'ensemble des acides aldéhydes.

La mesure de la potasse consommée par la réaction de Cannizzaro donne une acidité qui concorde avec la quantité d'argent ainsi précipitée. Cette acidité est très supérieure à celle due à l'acide glyoxylique.

Dans un moût nous avons trouvé, par litre, une quantité d'acide glyoxylique exprimée en SO^4H^2 de 136^{mg}, tandis que la quantité d'acides aldéhydes correspondant à la potasse saturée et à l'argent réduit, s'élevait à 248^{mg}.

Nous recherchons quels sont ces acides aldéhydes dont le rôle au cours de la maturation doit présenter un grand intérêt.

Les modes de dosage direct de l'acide malique et de l'acide glyoxylique, l'acidité non tartrique, le dosage en bloc des acides aldéhydiques sont des

(2) H. Brunner et E. Chuard, *Bull. Soc. Vaudoise*, 3e série, 22, 1886, p. 162.

(3) Ch. Ordonneau, *Bull. Soc. Chim.*, 3e série, 6, 1891, p. 361.

données nouvelles dont nous montrerons l'application à l'étude de la maturation des raisins.

BACTÉRIOLOGIE. — *Sur la lyse transmissible du vibrion cholérique.* Note (¹) de MM. **P. Noël Bernard** et **Jean Guillerm**, présentée par M. Calmette.

Diverses théories opposent à la conception de d'Hérelle sur le « bactériophage », être vivant parasite des bactéries, l'hypothèse d'une lyse bactérienne transmissible, due à une diastase produite par les microbes eux-mêmes. Elles reposent sur l'observation de cultures dont la lyse est provoquée par le filtrat d'une culture antérieurement lysée par le « bactériophage ». L'expérimentation sur le rôle d'une diastase dans le processus de la bactériophagie n'est à l'abri de toute objection que si la lyse est réalisée en prenant pour point de départ une substance diastasique, isolée de cultures pures ne présentant ni lyse transmissible dans les milieux liquides, ni plages caractéristiques sur les milieux solides. C'est ce que nous avons établi dans une précédente Note (²) en montrant qu'il est possible d'extraire de cultures pures répondant à ces conditions, une substance lytique qui se comporte comme le « bactériophage ». Nous avons poursuivi sur des cultures dont la pureté a été constamment contrôlée, des expériences dont nous donnons ci-après les résultats.

Dans un certain nombre de tubes de bouillon nutritif, au momsnt d'ensemencer chacun d'eux avec un vibrion cholérique pur, ajoutons une goutte de la substance lytique suffisamment active, que nous avons extraite d'une culture pure âgée de 48 heures, par des méthodes connues d'extraction des diastases. Entre la deuxième et la quatrième heure, à l'étuve à 37°, alors que la culture donne un trouble apparent dans les tubes témoins, ceux qui ont reçu la goutte de substance lytique s'éclaircissent tout à coup. Additionnons d'une faible fraction du premier tube lysé un second tube au moment de l'ensemencement de vibrions cholériques : la lyse s'y produira comme dans le premier. Multiplions, dans les mêmes conditions, les reports d'une fraction du dernier tube lysé à un nouveau tube de culture jeune : nous constatons que la substance lytique devient de plus en plus active. Cependant le dernier tube, où elle est le plus active, n'a reçu qu'une fraction infinitésimale du contenu du premier. Un tel phénomène n'est possible que si la substance lytique se régénère ou libère un élément de même nature, contenu dans les corps microbiens en voie de multiplication ou dans les produits qui en dérivent.

50$^{cm^3}$ d'une culture pure de vibrions, ne contenant ni principe lytique, ni bactério-

---

(¹) Séance du 3 juillet 1933.

(²) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1339.

phage, sont prélevés entre la deuxième et la troisième heure après ensemencement et séjour à l'étuve à 37°. On centrifuge aussitôt. Le bouillon surnageant et le culot microbien sont traités séparément par la technique d'extraction indiquée dans notre précédente Note : adsorption par le gel d'alumine et centrifugation (selon la méthode de Willstätter), puis concentration rapide du liquide surnageant, précipitation par une solution saturée de sulfate d'ammonium, centrifugation du précipité.

A. Le précipité obtenu en partant du bouillon de culture surnageant ne donne pas de lyse.

B. Le culot microbien est délayé dans 1^{cm^3} d'acétone pur. On l'étend de 20^{cm^3} d'eau distillée (pH = 7). On agite fortement dans un tube qu'on scelle à la lampe et qu'on maintient 2 heures à l'étuve à 37°. Traité par la technique indiquée ci-dessus le liquide donne un précipité à peine perceptible que l'on sépare par centrifugation et qu'on redissout dans quelques centimètres cubes de bouillon. La totalité de cette solution, introduite dans une culture pure de vibrions cholériques au moment de l'ensemencement, provoque une lyse transmissible qui devient très nette à partir du troisième passage de culture jeune en culture jeune.

La substance lytique que, dans nos précédentes recherches, nous avions extraite de *filtrats de culture de 48 heures*, se trouve donc incluse dans les *corps microbiens* d'une culture pure de deux heures. Il suffit de l'extraire de ces corps microbiens et de l'introduire dans une autre culture jeune pour que la dissolution des vibrions qu'elle provoque la régénère dans le milieu liquide. Une partie de ce liquide portée dans une nouvelle culture jeune produira la lyse totale de celle-ci et ainsi de suite : la lyse transmissible est réalisée.

Un phénomène dont l'analogie avec celui qui précède est frappante, nous est fourni par la transmission du pouvoir protéolytique du suc pancréatique activé par l'entérokinase, étudiée par C. Delezenne et Ledebt (1). De même que « l'entérokinase suscite dans le suc pancréatique, aux dépens d'une prokinase que celui-ci contient, la formation d'une kinase autochtone qui est, à son tour, excito-productrice de kinase » (C. Delezenne), la substance lytique obtenue et utilisée par nous pour l'amorçage initial du processus de la lyse vibrionienne libère une substance identique préexistante, mais inapparente dans les vibrions cholériques jeunes, et cette substance ainsi libérée est excito-productrice de la même substance dans les cultures de vibrions au fur et à mesure que la lyse vibrionienne se produit.

Cette substance a tous les caractères d'un activateur de la diastase qui, dans les cultures normales, produit une autolyse plus ou moins accusée des vibrions. Cet activateur n'agit que dans le milieu favorable créé, dans les

(1) C. Delezenne et Ledebt, *Comptes rendus*, 175, 1922, p. 779; C. Delezenne. *Traité de Physiologie* de Roger, 2, 1931, p. 293.

cultures jeunes, par la multiplication des vibrions cholériques, par la présence des produits qui en dérivent et par les conditions physico-chimiques qu'elle réalise.

En résumé, dans les conditions de nos expériences, la transmission indéfinie de la lyse se ramène à la transmission du pouvoir activant d'un activateur diastasique normalement inclus dans les vibrions cholériques jeunes. Ce fait vient à l'appui des conceptions formulées notamment par Kabeshima, Bordet et Ciuca, A. Gratia, Lisbonne, J. Bordet et Renaux, et plus récemment par R. Legroux.

PATHOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Influence protectrice de la gestation sur la carence en vitamine* C. Note de M. **G. Mouriquand** et Mlle **J. Schœn**, transmise par M. Charles Richet.

Poursuivant depuis 1916 nos recherches sur l'avitaminose C (avec P. Michel, Bertoye, Bernheim, Mlle Weill, etc.), nous avons à diverses reprises constaté le fait suivant :

Une série de cobayes étant mis au régime d'avitaminose C, les manifestations scorbutiques apparaissent chez eux (comme nous l'avons précédemment montré avec P. Michel et M. Bernheim) plus ou moins précocement suivant l'âge de l'animal, mais le plus habituellement entre le 10e et le 15e jour.

De temps à autre un animal fait exception et ne développe pas de signes nets de scorbut ou les développe très tardivement :

Dans ce cas un examen approfondi nous révèle le plus souvent qu'il s'agit d'une femelle pleine. Tant que persiste sa gestation (1), les lésions sont absentes ou très discrètes par comparaison avec celles des témoins atteints de grosses tuméfactions hémorragiques. Puis, dans la plupart des cas, l'avortement survient.

Alors rapidement le tableau change, les lésions scorbutiques se développent, atteignant vite l'importance de celles des animaux témoins.

Le fait, sans être constant, s'est montré dans nos cas d'une très grande fréquence (2).

---

(1) En dehors de cet état, on peut observer, mais à titre exceptionnel, une certaine résistance individuelle à l'action de la carence C.

(2) Nous n'avons pas trouvé la relation de ce fait dans les ouvrages les plus complets sur les avitaminoses de MM. Randoin et Simonnet, Browning, Sherman et Schmith. Pourtant, dans le livre de Hess (*Scurvy Past and Present*, 1920), nous trouvons signalé (d'après Ingier) les phénomènes inverses, le scorbut s'installant plus pré-

Tout s'est passé dans ces cas comme si, au cours de la gestation, la carence C étant restée au stade inapparent, la fin de cette gestation a été rapidement suivie par le stade affirmé du scorbut.

Cette constatation fait donc apparaître le rôle frénateur de la gestation vis-à-vis du développement des manifestations de carence C.

Cette action retardante de la gestation nous a surpris pour les raisons suivantes :

Dans cet état, les manifestations de l'avitaminose C doivent être théoriquement accélérées du fait de la suractivité nutritive de la mère et plus encore du développement du fœtus, nécessitant l'apport d'abondantes substances minimales du type vitamine ou autre.

D'autre part, il est admis que l'état de grossesse élève le plus souvent le métabolisme basal (MM. Labbé et Stévenin). Or nous avons montré, en collaboration avec P. Michel et Sanyas, que l'addition d'extrait thyroïdien au régime scorbutigène (adjonction qui élève le métabolisme basal) précipite l'apparition des signes du scorbut.

Il faut donc que l'état de gestation pourvoie pendant un temps plus ou moins long au manque de vitamine C par des modifications de la nutrition portant soit sur l'organisme de la mère, soit sur celle du fœtus, et dont le processus nous échappe.

On serait tenté de considérer ce fœtus comme capable d'élaborer la vitamine C (comme l'élabore une graine en voie de germination), mais il n'y a là qu'une hypothèse, à laquelle on peut objecter que le fœtus expulsé peut présenter des signes de scorbut.

Quoi qu'il en soit, le fait demeure. L'état de gestation retarde le plus souvent les manifestations de la carence C (quand le régime est par ailleurs suffisamment équilibré), la fin de cette gestation les précipite.

Ces faits concernant la dystrophie scorbutique rappellent les troubles nutritifs, infectieux ou autres, qui, restés latents pendant la grossesse, subissent, après l'accouchement, une évolution rapide (insuffisance parathyroïdienne, diabète, tuberculose etc.).

La séance est levée à 16h45m.

E. P.

---

cocement chez la cobaye pleine. La contradiction paraît s'expliquer par le fait que, dans les cas envisagés par lui, les animaux ont été soumis à un régime pluricarencé, amenant des troubles nutritifs graves et rapides qu'évite notre régime.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 17 JUILLET 1933.

PRÉSIDENCE DE M. Louis BOUVIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

PHYSIOLOGIE. — *Effets du* venin de cobra *sur les greffes cancéreuses et sur le cancer spontané (adéno-carcinome) de la souris.* Note de MM. **A. Calmette**, **A. Saenz** et **L. Costil.**

Dans un pli cacheté récemment ouvert sur la demande de son auteur [1] à la suite d'une Note de MM. Laignel-Lavastine et Koressios à la Société médicale des Hôpitaux [2], puis dans une Communication à l'Académie de Médecine présentée par M. Gosset le 14 mars 1933, M. Taguet exposait les résultats si curieux qu'il avait obtenus dans le traitement de certaines formes de cancer à la suite d'injections répétées, à doses croissantes, de *venin de cobra*. Il avait observé, en particulier, la fonte de nodules non ulcérés dans le cancer du sein et, dans nombre de cas, une sédation manifeste des algies fort pénibles qui marquent l'évolution de beaucoup de tumeurs.

Ces essais avaient été suggérés par le Dr Monælesser, de New-York, et par l'un de nous qui put fournir le venin nécessaire. Ils étaient justifiés par diverses constatations très favorables qu'avait pu faire depuis plusieurs années le Dr Monælesser, aux États-Unis, sur plusieurs malades inopérables ou atteints de récidives cancéreuses.

Il convient de rappeler les importants travaux dus à la collaboration de Delezenne, Ledebt et Fourneau, montrant que le venin de cobra

---

(1) Ch. Taguet, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 880.

(2) *Bulletin*, 3e série, 49, no 7, 6 mars 1933, p. 274.

est une diastase dont les effets s'exercent principalement sur les phosphatides tels que la lécithine du jaune d'œuf ou celle des sérums, et sur les nucléines cellulaires. En agissant sur la lécithine, par exemple, le venin provoque la formation d'un anhydride de l'éther palmito-phosphoglycérique de la choline, dénommé *lysocithine*. Cette substance, soluble dans l'eau, est instantanément hémolytique pour tous les sangs. C'est une *cytolysine* qui détruit les leucocytes, les cellules épithéliales, les cellules de divers tissus ou organes; elle altère *in vitro* les cellules du foie, du cerveau, du rein et, si la dose est suffisante, elle les dissout.

Le venin de cobra, au contact des cellules cancéreuses, libère, aux dépens de certains matériaux des humeurs ou des noyaux cellulaires, des produits immédiatement nocifs pour ces cellules.

L'expérimentation sur les cancers spontanés et sur les greffes cancéreuses chez les animaux devait pouvoir apporter quelque lumière sur ce sujet.

Nous avons donc fait les expériences que nous rapportons dans cette Note.

Le venin que nous avons utilisé est le même que celui qu'ont employé le Dr Monælesser à New-York, et le Dr Taguet à Paris. Il provient de l'Institut Pasteur de Saïgon, où il est récolté et immédiatement desséché suivant la technique instituée par l'un de nous en 1892. On fait d'abord une solution mère de 0^{g},1 de venin sec dans 10$^{cm^3}$ d'eau physiologique. Cette solution est filtrée sur papier pour écarter les impuretés, puis chauffée au bain-marie à 72° pendant 30 minutes, refiltrée ensuite sur papier stérile, recueillie dans un matras stérile et maintenue au frigorigène à — 7° où elle se conserve indéfiniment.

Pour préparer la solution injectable, on prélève 1$^{cm^3}$ contenant 1^{cg} du venin sec, et on le dilue dans 99$^{cm^3}$ d'eau physiologique stérile. On a ainsi une dilution dont 1$^{cm^3}$ contient 0^{mg},1 de venin et qu'on doit garder au froid, en ampoules scellées, jusqu'à l'usage, car le venin s'atténue assez rapidement en présence de l'air, à la température du laboratoire.

Cette solution, titrée à 0^{mg},1 de venin, contient approximativement dix doses mortelles pour les souris du poids de 20^{g}, autrement dit *dix unités-souris*. Une *unité-souris* est représentée par environ 0^{mg},01 de venin (mais la toxicité des divers échantillons de venin varie quelque peu et il est indispensable d'en faire le titrage préalable.

Pour traiter les algies rebelles des malades cancéreux, on tâte leur sensibilité au venin en leur injectant d'abord *une unité-souris*, qu'on répète trois fois à trois jours d'intervalle, et l'on augmente les doses ensuite, autant que le permet la tolérance du sujet. Mais pour traiter les souris, c'est par la dose de 5^{mg},001, contenue dans 0$^{cm^3}$,1 d'eau physiologique, qu'il faut commencer.

Notre point de départ a été un adéno-carcinome spontané siégeant à la

mamelle et de la grosseur d'une noisette. Cette tumeur, greffée sur plusieurs souris, nous a permis d'obtenir, après sept passages successifs par la souris, une souche de cancer expérimental très virulente, dont les greffes étaient fécondes dans la proportion de 100 pour 100. Ces greffes produisaient des tumeurs du volume d'une grosse noisette, se sphacélant constamment et tuant leur hôte par infection secondaire en 30 à 40 jours.

I. Dans une première expérience, le 24 mars 1933, nous greffons sur 6 souris un fragment d'une tumeur de 12 jours, provenant d'une souris de passage. Deux sont conservées comme témoins et sont mortes respectivement les 28e et 30e jours après la greffe. Chacune d'elles présentait une volumineuse tumeur sphacélée. Deux autres ont été traitées 13 jours après la greffe par 10 injections de 0mg,001 de venin à 48 heures d'intervalle. Ces injections ont été faites sous la peau, du côté du corps opposé à celui de la greffe. Les deux souris sont mortes respectivement 34 et 45 jours après, avec des tumeurs aussi grosses que celles des témoins. Par contre, les deux dernières, également traitées 13 jours après la greffe, mais par injection du venin directement en plein dans la tumeur, déjà du volume d'un pois chiche, se comportèrent tout autrement.

Chez l'une, lorsqu'elle eût reçu 8 injections de venin à 48 heures d'intervalle, à partir du 16e jour après la greffe, il se produisit un affaissement et un ramollissement de sa tumeur qui s'ulcéra, laissant échapper une substance d'aspect purulent, jaunâtre, constituée, à l'examen microscopique, par des placards de substance nécrotisée enserrant des cellules en état de dégénérescence hyaline et très altérées, sans éléments microbiens colorables. Cette tumeur continua à se vider jusqu'à sa complète disparition après 3 nouvelles injections en 7 jours, aux mêmes doses de 1 millième de milligramme. La souris est morte un mois et demi après la greffe, d'infection secondaire, la tumeur n'étant alors plus perceptible au toucher.

La seconde souris, traitée exactement comme la précédente, résorba aussi sa tumeur qui avait totalement disparu après la onzième injection. Elle mourut un mois et demi plus tard d'une infection à bacilles de Friedländer.

Cette expérience préliminaire ayant montré que le venin exerce une action manifeste lorsqu'on l'injecte directement dans la tumeur, il était indiqué de rechercher s'il possède un pouvoir vaccinant. Nous avons donc préparé un lot de 20 souris dont 10 ont reçu préventivement, en 20 injections de 1 millième de milligramme chacune à 48 heures d'intervalle, un total de deux doses mortelles de venin. Ces 10 souris sont demeurées parfaitement bien portantes et ont augmenté de poids. Quatre d'entre elles, ainsi vaccinées contre le venin, ont subi une inoculation de greffe cancéreuse le 20 avril 1933, provenant d'une tumeur de passage âgée de 14 jours. Quatre autres souris, non vaccinées contre le venin, ont été greffées en même temps pour servir de témoins. Toutes ont succombé dans le même délai, entre le 30e et le 40e jour, portant une tumeur, approximativement du même volume, sphacélée. Le venin n'exerce donc aucune propriété préventive sur l'évolution de l'adéno-carcinome.

Alors nous avons pensé à tremper d'abord la greffe pendant 5 minutes dans une solution de venin à 0mg,01 par centimètre cube avant de l'introduire sous la peau de la souris. Mais cette expérience n'a donné aucun résultat. Les souris qui avaient reçu la

greffe trempée dans le venin ont succombé dans le même délai que les témoins. Le tissu cancéreux fixe le venin comme par un processus de teinture; de sorte que si l'on trempe un fragment d'adéno-carcinome dans une solution de venin à $0^{mg},1$ par centimètre cube, et qu'on le greffe ensuite sous la peau de la souris, celle-ci meurt intoxiquée par le venin.

II. Dans une deuxième série d'expériences, nous avons greffé 6 souris avec une tumeur de passage âgée de 13 jours. 14 jours après, ces 6 souris avaient uue tumeur de la grosseur d'une noisette. Trois d'entre elles ont été laissées comme témoins. Elles sont mortes entre le 35e et le 40e jour, leur tumeur, alors de la dimension d'une petite noix, étant sphacélée et ulcérée. Les trois autres ont été traitées comme celles de l'expérience précédente, par injection intra-tumorale de $0^{mg},001$ de venin toutes les 48 heures. L'une, dont la tumeur, 14 jours après le début du traitement, avait commencé à se vider de son contenu, est morte d'infection secondaire 40 jours après la greffe. Chez les deux autres, les tumeurs se sont résorbées sans s'ulcérer, en 18 jours de traitement. Elles sont encore parfaitement bien portantes 95 jours après la greffe, et elles ont augmenté de poids. Chez l'une cependant on perçoit, au lieu d'inoculation de la greffe et du venin, un très petit nodule dur, roulant entre les doigts.

En présence de ces faits, nous avons décidé d'essayer de traiter par le venin, non plus des tumeurs greffées, mais des adéno-carcinomes spontanément développés chez des souris d'élevage. Nous avons pu nous procurer une souris qui présentait au niveau de la mamelle droite une tumeur du volume d'un pois. Immédiatement traitée par des injections intra-tumorales de venin à la dose précédemment indiquée et à 48 heures d'intervalle, nous avons assisté en 20 jours — donc après 10 injections — à une véritable fonte de la tumeur qui, déjà après le 12e jour, s'est vidée à l'extérieur d'une substance identique à celle que nous avons déjà décrite. Un mois après que sa tumeur avait complètement disparu, cette souris est morte de septicémie à bacilles de Friedländer que nous avons isolés du cœur.

Le 5 avril dernier, nous avons reçu une autre souris qui présentait une double tumeur spontanée, l'une à la mamelle antérieure, l'autre à la mamelle postérieure, sur le flanc droit. Celle de la mamelle postérieure fut seule traitée par le venin. Malheureusement, cette souris mourut 12 jours après le début du traitement. Mais son autopsie nous fit constater une différence évidente entre ses deux tumeurs. La postérieure, qui avait reçu 5 injections de venin, était ramollie, avec quelques points de nécrose.

III. Dans une troisième série d'expériences, quatre souris greffées avec un cancer de passage de 9 jours furent traitées, en même temps que deux témoins, à partir du 10e jour après la greffe. Les greffées portaient alors une tumeur déjà grosse comme un pois chiche. Les deux premières, au lieu de venin, reçurent 15 injections intra-tumorales de sérum physiologique. Leur tumeur a évolué exactement comme celle des témoins et elles sont mortes dans le même délai. Par contre, chez les deux autres qui ont reçu du venin, les tumeurs étaient totalement résorbées du 22e au 26e jour après le début du traitement. L'une de ces souris, sacrifiée alors, ne présentait à l'autopsie qu'un très petit nodule gros comme une tête d'épingle, dont l'examen microscopique montra qu'il ne contenait qu'un agglomérat de cellules sphacélées. L'autre souris reste parfaitement bien portante et on ne perçoit sur son flanc, au toucher, aucune trace de tumeur.

Il est donc évident que le venin de cobra exerce, sur l'adéno-carcinome spontané ou greffé de la souris, un effet curatif indubitable. Injecté dans la tumeur elle-même, en doses répétées correspondant chacune au dixième de la dose mortelle, il provoque la fonte du tissu adéno-carcinomateux et son élimination à l'extérieur ou sa résorption totale en 15 à 20 jours.

Tels sont les faits que nous avons observés et rigoureusement contrôlés par l'expérimentation. Il ne saurait s'agir d'en tirer cette déduction que ce qui réussit à guérir l'adéno-carcimone de la souris doit aussi guérir les cancers humains qui sont de nature très différente, infiniment complexe et variée. Peut-être la thérapeutique anticancéreuse trouvera-t-elle, en ce produit diastasifère si effroyablement toxique, élaboré par les glandes salivaires de certains reptiles venimeux, un précieux adjuvant de la chirurgie, du radium ou des rayons Rœntgen. Il appartient aux cancérologues d'entreprendre cette expérimentation que nous n'avons fait qu'amorcer et à laquelle nous avons été conduits fortuitement.

MICROBIOLOGIE DU SOL. — *Sur le dégagement de l'ammoniac par les nodosités des racines des Légumineuses.* Note de M. S. **Winogradsky.**

Le problème de la fixation symbiotique de l'azote moléculaire a suscité un très grand nombre de travaux remarquables au cours du dernier demi-siècle [1]. Mais, malgré des études si assidues, la nature chimique de ce processus reste encore inexpliquée.

De toutes les hypothèses qui ont été avancées sur le mécanisme de la fixation biologique, c'est celle de l'hydrogénation de l'azote atmosphérique avec de l'ammoniac comme produit primaire, qui apparaît la plus probable, du point de vue de la théorie. Elle s'est confirmée dans le cas de l'*Azotobacter*, où il a été possible de capter l'ammoniac synthétique dans certaines conditions [2].

Or la même réaction de synthèse n'a pu être constatée dans le cas de la

(1) On trouvera l'historique du problème et une revue critique très complète de son état actuel dans la remarquable monographie récemment parue, ayant pour auteurs Edwin Brown Fred, Ira Lawrence Baldwin et Elizabeth Mac Coy : *Root nodule bacteria and leguminous plants* (*University of Wisconsin Studies*, *number* 5, 343 pages, 46 planches. Madison 1932). La liste bibliographique jointe à l'ouvrage couvre 65 pages avec plus d'un millier de titres.

(2) *Comptes rendus*, **190**, 1930, p. 661 ; *Ann. Inst. Pasteur*, **48**, 1932, p. 269.

fixation symbiotique, car on n'a jamais réussi à observer un dégagement d'ammoniac au cours de ce processus (¹).

C'est sur ce point, spécialement, que nous avons cru devoir diriger nos recherches avant d'entrer dans l'analyse de l'action symbiotique, en opérant simplement avec des racines nodulées, ou des nodules détachées, agents complexes, il est vrai, mais indubitables de la fixation.

Dès les premières observations, on s'est assuré que le dégagement de l'ammoniac était des plus faciles à obtenir avec ces organes. Il n'y avait qu'à introduire une petite quantité de nodules fraîchement détachées dans une petite boîte de Petri, en collant à l'intérieur du couvercle un petit carré de papier tournesol rose; il suffit d'une quantité de $0^{g},5$ à 1^{g} et au-dessous, pour voir bientôt débuter le virage. En prenant plus, par exemple une dizaine de grammes dans une boîte de 10^{cm}, le virage au bleu est parfait au bout de quelques minutes.

Pour suivre la marche de ce dégagement et pour en doser le produit, on s'est servi d'un appareil composé de flacons-laveurs, que l'on chargeait de racines ou de nodules détachées et que l'on ventilait, en faisant jouer la trompe, avec de l'air épuré de toute trace d'ammoniac; en sortant de l'appareil, l'air barbotait dans de l'acide sulfurique N/10 coloré en jaune pâle avec de l'alizarine sulfonate de soude. Le titrage marchait en quelque sorte automatiquement, jour et nuit, sans demander beaucoup de surveillance, la fin en étant indiquée par le virage au rose, lent mais très net, de l'indicateur. Si le liquide du barboteur restait jaune au bout d'un temps déterminé, on titrait avec de la baryte environ N/35. Des quantités de l'ordre de 1 centième de milligramme d'azote ammoniacal sont encore bien décelables par ce procédé.

Le plus souvent le dégagement se déclare immédiatement, mais il arrive qu'il n'apparaît qu'au bout d'un délai de deux, trois à plusieurs heures. Cette période inactive du début est alors suivie par un maximum de dégagement, qui décroît assez rapidement au cours des deux à quatre jours suivants. Voici un exemple assez typique d'un cas, où le début du dégagement a été tardif.

On introduit 100^{g} de racines de pois bien garnies de nodules, aussitôt arrachées, lavées, bien ressuyées, dans un laveur vide d'une contenance de 1 litre, que l'on intercale dans l'appareil; on fait couler dans le barboteur une dose d'acide N/10 que l'on renouvelle aussitôt que l'indicateur vire au rose, ou que l'on titre, s'il n'y a pas de virage.

(¹) Voir la monographie ci-dessus citée, p. 179-188.

Jours.	Acide N/10 (en cm³).	Virage.		Azote amm. (en mg).
1.............	0,5	—	titré	néant
2.............	25,0	+	–	3,50
3.............	25,0	—	titré	3,10
4.............	25,0	—	titré	1,85
5.............	10,0	—	titré	0,14

L'idée de conclure de ces expériences à un dégagement d'ammoniac de synthèse aurait à compter avec l'objection que l'azote ammoniacal pourrait aussi bien provenir de la matière elle-même : on aurait affaire simplement au processus si banal de l'ammonification des matières protéiques et aminées.

Les observations qui suivent ne s'accordent pas avec cette manière de voir.

1° Déjà le fait énoncé concernant le dégagement *immédiat* de l'ammoniac par les nodules fraîches et jeunes la contredit, car toute attaque microbienne a besoin, comme on le sait depuis si longtemps, d'une période d'incubation, pour se développer. Son allure et ses caractères sont, de plus, trop différents du phénomène qui nous intéresse, pour que l'on puisse les rapprocher;

2° L'action des antiseptiques et des anésthésiants, tels que chloroforme, éther, tholuène, thymol, pourrait encore mieux différencier les deux phénomènes : tandis que l'ammonification, comme tout acte de métabolisme vital, est assez facilement enrayée par ces substances, on est frappé par leur inefficacité envers le dégagement d'ammoniac par ces organes. Ainsi, des portions de nodules de pois de 1^g à 3^g tenues dans des boîtes de Petri sous l'effet des vapeurs du chloroforme, du toluène, de l'éther, à l'état entier, ou écrasées et humectées de toluène, ou saupoudrées abondamment de thymol, et cela durant 8 à 10 jours, faisaient toujours virer au bleu le papier tournesol, après bonne ventilation, en indiquant un nouveau dégagement d'ammoniac.

Une résistance analogue a été notée dans nos recherches sur la synthèse de l'ammoniac par les *Azotobacter* (*l. c.*). Elle nous a suggéré alors l'idée, qu'il s'agit là d'un processus qui peut se poursuivre en dehors du métabolisme vital, par conséquent, d'un processus enzymatique. Dans le cas présent, cette résistance paraît encore supérieure. Bien plus, non seulement l'action prolongée des microbicides n'arrête pas la production de l'ammoniac, mais celle-ci ne cesse d'avoir lieu même quand on se sert de

nodules séchées pendant 20 à 24 heures à 45°-50° et réduites en poudre : une portion de cette poudre du poids de 1g,8 nous a fait virer le tournesol au bleu et a dégagé une quantité d'ammoniac dosable.

3° Enfin les deux expériences qui suivent démontrent assez clairement que l'on n'obtient pas d'ammoniac de n'importe quelles racines dans les mêmes conditions.

Première expérience. Des racines de pois, immédiatement après l'arrachage, sont séparées de la tige et divisées en deux lots de 50g à 60g chacun, dont l'un laissé à l'état naturel, l'autre débarrassé à la main, autant que possible, de ses nodules. Dans le premier lot, le dégagement a donné, en somme, près de 10mg d'ammoniac en trois jours; dans le second, on n'a obtenu que des traces infinitésimales.

Deuxième expérience. — A côté des racines nodulées du pois, on intercale un laveur d'un litre, chargé de racines de maïs, en quantité égale. On ventile l'appareil durant trois jours, et l'on constate que les racines de maïs n'ont donné aucune trace d'ammoniac.

Les racines de la graminée sont donc incapables de dégager l'ammoniac, toutes conditions strictement égales, et celles de la légumineuse n'en sont capables qu'à condition de porter des nodosités, qui *s'imposent ainsi comme les agents de cette fonction spéciale*.

Tous ces faits permettent-ils de conclure qu'il s'agit réellement d'une synthèse d'ammoniac par ces organes symbiotiques ? On pourrait objecter, notamment, que les nodules, étant plus riches en azote organique, seraient plus facilement sujettes à la dégradation des corps azotés avec dégagement d'ammoniac que le reste des racines; et celui-ci pourrait être encore attribué, en dehors de l'attaque microbienne, à un processus d'autolyse résultant de la mort des cellules de la plante, ou du microbe. Il est clair, par conséquent que, pour écarter cette objection et pour mettre hors de doute la synthèse, il faudrait démontrer que les nodules en dégageant l'ammoniac ne subissent pas un appauvrissement du taux de leur propre azote. Les expériences qui sont en train tendront vers ce but.

Indépendamment des résultats à venir, le fait nouvellement établi, à savoir que les *nodosités jeunes portées par des plantes en pleine croissance exhalent de l'ammoniac dans l'ambiance* en quantité notable, gardera toute son importance.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Remarque à propos d'une Note de M. R. Salem.* Note de M. **Serge Bernstein.**

M. Raphaël Salem (¹) considère la fonction

$$f(x, \alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_n) = \sum_{p=1}^{n} r_p e^{i(p.x+\alpha_p)},$$

où les coefficients $r_p \geqq 0$ sont donnés, et étudie son écart minimum M sur l'axe réel. Il arrive à ce résultat intéressant que

$$M < 16\sqrt{\log n}\sqrt{B_n}, \qquad \text{où} \qquad B_n = \sum_{1}^{n} r_p^2,$$

et pose en même temps la question de savoir « s'il existe ou non une constante absolue D, indépendante des r_p et de n, telle que M soit toujours inférieur à $D\sqrt{B_n}$ ».

Je voudrais montrer seulement qu'*une telle constante* D *n'existe pas* et que l'ordre de grandeur de M est précisément celui que fournit l'inégalité de M. Salem.

En effet, posons $n = 4^m$ et $r_p = 1$ pour $p = 4^k$ $(k \leqq m)$, et $r_p = 0$ pour les autres valeurs de p. Ainsi on aura

$$f(x) = e^{i(4^m x+\alpha_m)} + e^{i(4^{m-1}x+\alpha_{m-1})} + \ldots + e^{i(4x+\alpha_1)}. \tag{1}$$

Or, quels que soient $\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_m$, on pourra prendre

$$X_0 = -\frac{\alpha_m}{4^m} + 2\pi\left(\frac{b_1}{4^m} + \frac{b_2}{4^{m-1}} + \ldots + \frac{b_{m-1}}{4^2}\right),$$

où les *entiers* $b_1, b_2, \ldots$ seront déterminés successivement par les inégalités

$$-\frac{\pi}{4} < \frac{\pi b_1}{2} - \frac{\alpha_m}{4} + \alpha_{m-1} \leqq \frac{\pi}{4},$$
$$-\frac{\pi}{4} < \frac{\pi b_2}{2} + \frac{\pi b_1}{8} - \frac{\alpha_m}{16} + \alpha_{m-2} \leqq \frac{\pi}{4},$$

et ainsi de suite. Dans ces conditions, le premier terme de $f(x_0)$ sera 1, et tous les autres termes auront leurs parties réelles non inférieures à $1/\sqrt{2}$.

(¹) *Comptes rendus*, **196**, 12 juin (voir d'abord p. 1951, 19 juin), 1933, p. 1776.

Par conséquent,

$$|f(x_0)| > 1 + \frac{m-1}{\sqrt{2}} > \frac{m}{\sqrt{2}};$$

et puisqu'on a actuellement $B_n = m$ et $m = \log n / \log 4$, on voit que

$$M > \frac{1}{2}\sqrt{\frac{\log n}{\log 2}}\sqrt{B_n}.$$

En remplaçant les valeurs 4^k par 6^k, on pourrait améliorer un peu le résultat et obtenir

$$M > \frac{1}{2}\sqrt{\frac{3\log n}{\log 6}}\sqrt{\beta_n} > 0,6\sqrt{\log n}\sqrt{B_n}.$$

De plus, en prenant b^k (au lieu de 4^k) pour $b \to \infty$, le maximum de $|f(x)|$ donnée par (1) tend vers la même limite m, quel que soit le choix des valeurs α_k.

STATISTIQUE. — *La méthode des statistiques témoins hétérogènes.* Note de M. **Auguste Lumière.**

L'interprétation des données démographiques offre la plupart du temps des difficultés considérables et parfois même insurmontables, la détermination de la valeur relative de tous les facteurs qui conditionnent l'établissement des statistiques étant impossible.

Il en résulte que les déductions que l'on tire de ces documentations sont presque toujours sujettes à caution.

Nous venons d'en donner un exemple concret dans un récent travail sur les maisons à cancer (1).

Le fait que l'on rencontre dans certains immeubles plusieurs cas de cancérose dans un temps donné (les exemples cités portent sur cinq ou six décès par néoplasie dans quelques maisons, en 15 ou 20 ans) a amené certains auteurs à supposer que des conditions favorisantes devaient exister dans ces immeubles et que la recherche de leurs causes pourrait constituer de précieux enseignements en ce qui regarde l'étiologie et la pathogénie de l'affection (2).

Le casier sanitaire des maisons de la Ville de Paris dressé de 1906 à 1914

(1) Auguste Lumière et Paul Vigne, *Bull. Ac. Médecine*, **108**, 1932, p. 1288.

(2) M. Chaton, *Bull. Ac. Médecine*, **107**, 1932, p. 875.

par Juillerat, montre que la répartition des décès par cancer dans les immeubles de la capitale s'est opérée de la façon suivante : 61 726 maisons sans cancéreux, 14784 maisons ayant chacune un décès par cancer; 3175 avec deux décès pour la même cause, 708 avec trois décès, 181 avec quatre, 48 avec cinq, 13 avec six, 2 avec sept, 1 avec huit et 1 avec neuf.

Nous avons effectué le même travail pour la ville de Lyon et la répartition à laquelle nous sommes arrivé est tout à fait comparable à la précédente.

La question se pose alors de savoir si la réunion dans un même immeuble, de cinq, six cas de cancer ou plus, est simplement le fait du hasard ou bien si elle doit être attribuée à certaines causes particulières qu'il y aurait alors le plus grand intérêt à découvrir.

Nous avons pensé tout d'abord que le calcul des probabilités nous éclairerait sur ce point, mais les tentatives de réalisation pratique de ce moyen ont fait ressortir aussitôt les impossibilités de l'employer.

Les éléments de ce calcul sont, en effet, multiples et complexes et si l'on voulait seulement tenir compte rigoureusement de l'un seul d'entre eux : le nombre des habitants de chaque immeuble, les opérations mathématiques seraient d'une telle complication qu'on hésiterait à les entreprendre. Il faudrait, en outre, tenir compte de l'âge des occupants, de leur sexe, de leurs professions, etc., en sorte que ces considérations enlèvent nécessairement toute velléité d'aborder le problème par le calcul des probabilités.

C'est en cherchant à tourner ces difficultés que nous avons eu l'idée d'une méthode nouvelle d'investigation et de contrôle dans le domaine de l'étude des statistiques, méthode qui élimine les causes d'erreurs; nous l'avons appelée : *méthode des statistiques témoins hétérogènes*. Elle consiste à comparer le document démographique, dont on veut connaître la signification, à une statistique témoin portant sur un fait entièrement différent, mais se répétant le même nombre de fois, dans la même agglomération, toutes les conditions de l'investigation restant, par ailleurs, identiques.

Par exemple : notre statistique personnelle sur les décès par cancer dans les maisons de la ville de Lyon ayant porté sur 6703 cas, nous avons examiné comment 6703 naissances consécutives se répartirent dans les mêmes immeubles, à la même époque et nous avons constaté que la concordance est à ce point remarquable que les graphiques représentant la répétition des phénomènes par maison se confondent dans les deux cas.

C'est ainsi que nous trouvons 53 immeubles où il y a eu 4 décès par cancer et 51 où il s'est produit 4 naissances; 16 immeubles ont compté

5 morts par cancer et 18 ont comporté 5 naissances; les maisons où le phénomène s'est répété 6 fois sont au nombre de 5 pour le cancer et de 6 pour les naissances. Et nous en avons conclu qu'il n'y a pas plus de *maisons à cancer* qu'il n'y a de *maisons à naissance*.

Nous avons appliqué la même technique à l'enregistrement d'un même nombre de décès totaux pour toutes causes et aussi de décès par tuberculose et la répartition demeure toujours très sensiblement la même; elle figure d'ailleurs dans le Tableau ci-dessous qui résume nos laborieux repérages.

Fréquence par immeuble..	0.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
Décès par cancer.......	18231	3769	953	228	53	16	5	2	1
Décès par tuberculose...	18121	3963	886	212	58	12	3	2	1
Décès totaux...........	18117	3952	913	210	46	13	4	2	1
Naissances.............	18248	3736	982	212	51	18	6	3	2

Nous croyons pouvoir conclure de ces remarques que c'est par le fait du seul hasard que nous enregistrons, dans certains immeubles, de multiples naissances ou de multiples cas de mort par cancer, par tuberculose ou pour toute autre cause.

Les immeubles n'y sont pour rien.

La méthode des statistiques témoins hétérogènes permettra donc à l'avenir de déterminer si les concordances et répétitions de faits rencontrées par les biologistes et les médecins, dans leurs documents démographiques, ne sont que des coïncidences fortuites que les lois du hasard pouvaient faire prévoir ou bien si les fréquences qu'ils présentent s'écartent des taux donnés par ces lois et s'il y a lieu, par conséquent, d'en rechercher les causes génératrices particulières.

Sans le secours de cette méthode, il était jusqu'ici impossible de faire fond sur certaines statistiques, dans lesquelles on a trop souvent pris de simples coïncidences pour des rapports de cause à effet inexistants.

M. **H. F. Osborn** fait hommage à l'Académie de ses Ouvrages :

Man rises to Parnassus et *L'origine et l'évolution de la vie*, édition française avec Préface et Notes par Félix Sartiaux.

NOMINATIONS.

M. **Ch. Barrois** est désigné à nouveau à la *National Academy of Sciences* comme membre du *Board of Trustees* du Fonds *Ch. D. Walcott.*

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Verslag van de Herdenking van het derde eeuwfeest van der* Universiteit van Amsterdam.

2° Obroutchev (V. A.), *Histoire des études géologiques en Sibérie* (en langue russe).

M. **Jehan Vellard** adresse un Rapport sur l'emploi qu'il a fait de la subvention accordée sur la *Fondation Loutreuil* en 1929.

GÉOMÉTRIE. — *Sur l'interprétation infinitésimale du système des vecteurs duals.* Note (1) de M. **P. Rachevsky**, présentée par M. Élie Cartan.

1. La géometrie des droites dans l'espace euclidien à trois dimensions est traitée avec succès au moyen du système des vecteurs duals. On rapporte notamment à chaque droite un vecteur dual $\overline{A} = \overline{t} + \overline{N}\varepsilon$, $\overline{t}$ désignant le vecteur unitaire de la droite, N son moment par rapport au pôle O, tandis que ε se conduit comme un facteur constant satisfaisant à la condition supplémentaire $\varepsilon^2 = O$. Nous nous proposons d'éclaircir, jusqu'à un certain point, la base géométrique de ce rapprochement.

2. Envisageons le système de toutes les courbes possibles qui partent du

(1) Séance du 10 juillet 1933.

pôle O. Nous allons examiner ces courbes au voisinage du pôle O, en négligeant les infiniment petits d'ordre supérieur à 2. A ces conditions, il est permis de remplacer les courbes par leurs cercles osculateurs au pôle O. Envisageons donc tous les cercles qui passent par le pôle O au voisinage de ce point au moyen de la méthode suivante. Construisons une sphère ayant son centre au point O et le rayon variable ε, qui tend vers zéro,

$$\varepsilon \to 0. \tag{1}$$

Soit $\bar{t}$ le vecteur unitaire tangent au cercle et $2\overline{N}$ son vecteur dérivé par l'arc s. Soit M le point d'intersection du cercle C avec notre sphère infiniment petite de rayon ε. En négligeant les infiniment petits d'ordre supérieur à 2, il est permis d'écrire

$$\overline{OM} = \bar{t}\varepsilon + \overline{N}\varepsilon^2. \tag{2}$$

Introduisons ensuite un vecteur $\overline{A} = \overline{OM}/t$ aussi variable, mais non infiniment petit,

$$\overline{A} = \bar{t} + \overline{N}\varepsilon. \tag{3}$$

Dans ce vecteur, nous ne prenons en considération que les infiniment petits du premier ordre; comme nous ne nous occuperons ensuite que des vecteurs variables de cette sorte, il nous est permis de poser

$$\varepsilon^2 = 0. \tag{4}$$

Ainsi à chaque cercle C est rapporté un vecteur variable $\overline{A}$, par lequel ce cercle est défini à son tour. Le vecteur $\overline{A}\varepsilon$ fournit alors le rayon vecteur $\overline{OM}$ du point M qui tend vers le pôle O le long de la circonférence C.

3. Évaluons le produit scalaire des vecteurs $\overline{A_1}$ et $\overline{A_2}$ qui correspondent aux cercles C_1 et C_2

$$\overline{A_1}\,\overline{A_2} = \bar{t}_1\bar{t}_2 + (\bar{t}_1\overline{N}_2 + \bar{t}_2\overline{N}_1)\varepsilon. \tag{5}$$

Appelons « rotations » du système des vecteurs $\overline{A}$ chacune de ses transformations en soi-même au moyen de l'homographie vectorielle $V + U\varepsilon$, qui laisse invariant le produit scalaire (5); V et U signifient les homographies vectorielles ordinaires au moyen desquelles l'homographie $V + U\varepsilon$ est composée.

Pour que la transformation $V + U\varepsilon$ soit une « rotation », il est néces-

saire et il suffit qu'elle ait la forme :

$$\overline{A}^{*} = (V + U\varepsilon)\overline{A} = V(\overline{A} + [\overline{\omega}\overline{A}]\varepsilon), \tag{6}$$

V étant une rotation ordinaire.

Il est évident que les « rotations » forment un groupe à six paramètres.

4. Chaque rotation transformant en soi-même le système de vecteurs $\overline{A}$ accomplit par suite une transformation en soi-même du système des cercles correspondants C; mais cette transformation ne peut pas être réalisée par une transformation ponctuelle de l'espace.

Or, à chaque vecteur $\overline{A} = \overline{t} + \overline{N}\varepsilon$ est rapporté un cercle C; soit C′ ce même cercle ayant tourné autour de son vecteur tangent $\overline{t}$ de 90° dans le sens positif; à chaque $\overline{A}$ correspond ainsi un cercle C′ et la « rotation » (6) transforme en soi-même le système des cercles C′. Cette dernière transformation peut être accomplie par une transformation ponctuelle de l'espace, notamment par la transformation conforme

$$\frac{\overline{r}^{*}}{\overline{r}^{*2}} = \frac{\overline{r}}{\overline{r}^{2}} + \overline{\omega}, \tag{7}$$

$\left(\overline{r}\right.$ et $\overline{r}^{*}$ étant les rayons vecteurs du point initial et celui du point transformé$\left.\right)$, suivie par la rotation V [V et $\overline{\omega}$ ont la même signification dans les formules (6) et (7)].

5. Maintenant nous faisons correspondre au vecteur $\overline{A}$ la droite L, que l'on déduit du cercle C′ au moyen de l'inversion par rapport à la sphère de rayon 1 et de centre O. Le vecteur $\overline{A}$ est alors lié avec la droite L, précisément par la manière indiquée en 1. La « rotation » (6) induit une transformation en soi-même du système des droites L, qui correspondent aux vecteurs $\overline{A}$. Cette dernière transformation peut-être accomplie par la transformation de l'espace

$$\overline{r}^{*} = \overline{r} + \overline{\omega}, \tag{8}$$

suivie d'une rotation V; c'est-à-dire à la « rotation » des vecteurs $\overline{A}$ correspond un mouvement euclidien des droites L. Les produits scalaires des vecteurs $\overline{A}$ qui correspondent aux droites L sont, par conséquent, invariants envers les mouvements euclidiens des droites L, ce qui nous permet de fonder la géométrie de droites sur le système des vecteurs duals.

THÉORIE DES VECTEURS. — *Sur une équation algébrique en polyvecteurs.* Note [1] de M. G. B. **Gourewitch**, présentée par M. Élie Cartan.

En généralisant les résultats de ma Note [2], j'ai trouvé les résultats suivants sur le nombre des solutions de l'équation

$$\varpi_{[i_1 i_2 \ldots i_k} p_{l]} = 0, \tag{1}$$

où ϖ est un polyvecteur connu et p un vecteur inconnu.

Soit s le nombre des solutions linéairement indépendantes de l'équation (1); on a $s = k$, si

$$\varpi_{[i_1 i_2 \ldots i_k} \varpi_{j_1 j_2] j_3 \ldots j_k} = 0. \tag{2}$$

Quant à la valeur $s = k - 1$, elle est impossible; ensuite on a $s = k - 2$, si l'équation (2) n'a pas lieu et si

$$\varpi_{[i_1 i_2 \ldots i_k} \varpi_{j_1 j_2] j_3 \ldots j_{k-1} [j_k} \varpi_{l_1 l_2 \ldots l_k]} = 0. \tag{3}$$

De même $s = k - 3$, si (3) n'a pas lieu et si

$$\varpi_{[i_1 i_2 \ldots i_k} \varpi_{j_1 j_2] j_3 \ldots j_{k-2} [j_{k-1} [j_k} \varpi_{l_1 l_2 \ldots l_k]} \varpi_{m_1 m_2 \ldots m_k]} = 0, \qquad \ldots$$

J'ai aussi proposé une méthode pour trouver dans tous les cas le vecteur inconnu.

La démonstration du théorème précédent est fondée sur la proposition suivante, qui présente son intérêt propre. Cette proposition établit une forme nouvelle de la condition nécessaire et suffisante pour qu'un polyvecteur $\varpi_{i_1 i_2 \ldots i_k}$ soit simple; on obtient cette condition, en égalant à zéro le produit $\varpi_{i_1 i_2 \ldots i_k} \varpi_{j_1 j_2 \ldots j_k}$ après l'avoir alterné par rapport à $k+1$ ou $k+2$ indices arbitrairement choisis.

---

(1) Séance du 10 juillet 1933.

(2) *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 138.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur la géométrie de l'holospace* [1] *des fonctions holomorphes dans un même domaine et sur ses liens avec la théorie des équations différentielles ordinaires.* Note [2] de M. **Silvio Minetti**, présentée par M. Émile Borel.

Il est bien connu que M. Fréchet a posé dès 1906 les fondements des métriques de plusieurs espaces abstraits. L'importance des études et de la théorie générale esquissée par M. Fréchet, qui s'est développée suivant des idées que M. Hadamard a eu aussi l'occasion d'exprimer en 1912, continue à apparaître. Il semble même que soit venu désormais le moment de s'occuper plus en détail de quelque espace fonctionnel particulier, parmi ceux qui apparaissent comme les plus remarquables par leurs liens avec les théories les plus importantes de l'Analyse classique, au lieu de développer toujours la partie générale et abstraite de la théorie.

Je me propose de résumer très brièvement des résultats récemment obtenus dans cet ordre d'idées, et surtout de mettre en évidence des nouvelles conceptions qui conduisent à des liens inattendus entre la géométrie de certains holospaces [1] et la théorie des équations différentielles ordinaires.

A côté de l'étude déjà faite par M. Fréchet de l'espace des fonctions holomorphes à l'intérieur d'un même domaine $(\mathcal{D})$ [3], j'étudie l'espace (F) des fonctions holomorphes à l'intérieur de $(\mathcal{D})$ et continues sur sa frontière. En partant alors de l'observation qu'une telle fonction est déterminée par la chaîne des valeurs qu'elle acquiert sur la frontière de $(\mathcal{D})$ (que je suppose, pour plus de simplicité, être le cercle unité, centre à l'origine), je définis comme « distance » entre deux pareilles fonctions

$$f = P_f + iQ_f, \qquad g = P_g + iQ_g,$$

la valeur numérique, positive ou nulle,

$$(1) \qquad (f, g) = \left[\int_0^{2\pi} [P_f(\theta) - P_g(\theta)]^2 \, d\theta + \int_0^{2\pi} [Q_f(\theta) - Q_g(\theta)]^2 \, d\theta\right]^{\frac{1}{2}},$$

---

[1] J'appelle *holospace* un espace fonctionnel quelconque qui soit susceptible d'être conçu à une infinité continue de dimensions.

[2] Séance du 10 juillet 1933.

[3] Voir M. Fréchet, *Les espaces abstraits*, p. 87, Paris, Gauthier-Villars, 1928.

avec $P_f(\theta)$, $P_g(\theta)$, $Q_f(\theta)$, $Q_g(\theta)$ valeurs de P_f, P_g, Q_f, Q_g sur la frontière de $(\mathcal{D})$ et $z = e^{i\theta}$.

Il est essentiel de remarquer aussitôt que j'ai conçu l'espace (F) *comme un espace à une infinité continue de dimensions* (¹). *C'est cela qui est la conception fondamentale concernant la nature géométrique de l'espace considéré.* Au mot « *point limite* » A d'une suite $A_1, A_2, \ldots, A_n, \ldots$, de points de (F) je conserve la signification de fonction holomorphe $f(z)$ à l'intérieur de $(\mathcal{D})$ vers laquelle les $f_1(z), f_2(z), \ldots, f_n(z), \ldots$ (correspondent aux points $A_1, A_2, \ldots, A_n, \ldots$) convergent uniformément à l'intérieur de $(\mathcal{D})$. En introduisant alors le concept de convergence à zéro de la distance

$$(f, f_n) = (A_1 A_n)$$

« *vers* » la frontière de $(\mathcal{D})$ (²), je démontre que : *La condition nécessaire et suffisante afin que* A_n *converge vers* A, *pour n tendant vers l'infini, est que* $(A_1 A_n)$ *converge à zéro, avec* $1/n$, « *vers* » *la frontière de* $(\mathcal{D})$. Cela posé, je démontre alors toutes les propriétés plus essentielles qui se rapportent à la structure de l'espace fonctionnel envisagé et que M. Fréchet avait déjà établies pour l'espace plus général que le mien qu'il avait considéré. Ces propriétés ce sont celles qui sont les plus caractéristiques des espaces distanciés, et qui font classer ces espaces parmi les plus importants à étudier. Il est bien entendu cependant, qu'un élément limite d'une suite d'éléments de (F) peut ne pas appartenir à (F). En d'autres mots, comme l'avait remarqué M. Fréchet, mon espace n'est pas complet. Mais cela n'est pas absolument essentiel (³). Moyennant l'expression (1) et ce que j'ai dit ensuite, on peut en outre établir dans (F), et d'une manière très satisfaisante, la métrique angulaire, le concept de ligne, surface, et, en général de variété et aussi de variété géodésique par rapport aux concepts de mesure qu'il y a lieu d'introduire dans (F) par l'intermédiaire de l'expression (1). Tout cela

---

(¹) Suivant notre conception, il est essentiel d'écrire (f, g) sous la forme (1), et pas sous la forme $(f, g) = \left[\int_0^{2\pi} |f - g|^2\, d\theta\right]^{\frac{1}{2}}$.

(²) Je dis que (f, f_n) converge à zéro avec $1/n$ « vers » la frontière de $(\mathcal{D})$ s'il existe une suite de cercles concentriques à la frontière de $(\mathcal{D})$, chacun complètement intérieur au suivant et à $(\mathcal{D})$, qui convergent vers la frontière de $(\mathcal{D})$, et sur chacun desquels (f, f_n) converge vers zéro avec $1/n$.

(³) M. Fréchet même a eu l'occasion de m'écrire : ... « Mais rien n'empêche d'étudier des espaces non complets et d'en tirer des applications intéressantes ».

se développe de la même façon que la théorie que l'on peut faire pour l'espace pris pour exemple, des fonctions réelles d'une variable réelle continues dans o⌐1.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Asservissements.* Note [1] de M. **Lichine**, présentée par M. Henri Villat.

Dans les systèmes actuels réalisant électriquement l'asservissement du mouvement d'un corps B à un corps A, des oscillations parasites ont lieu de part et d'autre de la position théorique. Nous avons pu éliminer ces causes d'erreurs lorsque le système conducteur A est au repos. A cet effet,

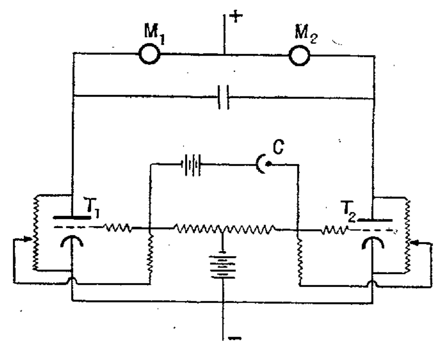


Fig. 1. — Montage de commande des moteurs avec une seule cellule. M_1, M_2, moteurs; C, cellule; T_1 et T_2, thyrotrons.

nous avons réalisé un dispositif mécanique et un dispositif optique comportant une cellule photoélectrique. Le principe de cet appareil, proposé par M. Béghin, consiste dans l'emploi d'un système auxiliaire oscillant. L'asservissement a été aussi réalisé avec une erreur inférieure à 8″. Il n'en est plus de même lorsque le corps conducteur se déplace : les oscillations réapparaissent. Nous avons éliminé cette cause d'erreur en utilisant les propriétés de la résonance secondaire.

A cet effet, nous avons réalisé un système comportant un volant V relié élastiquement à l'arbre du moteur d'asservissement et dont la période est égale à la période des oscillations parasites. Dans le fonctionnement du dispositif, les oscillations du moteur sont entièrement absorbées par le volant V qui oscille seul. Dans le dispositif d'asservissement par cellule, on

---

(1) Séance du 10 juillet 1933.

substitue aux lampes amplificatrices et au relai électromagnétique primitivement utilisé, une lampe à vapeur de mercure à grille commandée du type *thyratron*. Ce système sans inertie permet de réaliser directement la commande des moteurs sans aucun contact mécanique, le thyratron étant monté directement sur le circuit d'alimentation du moteur.

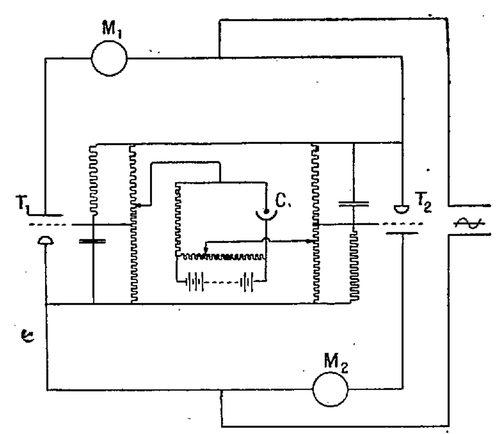


Fig. 2. — Montage avec une seule cellule permettant la marche des moteurs par variation progressive du couple.
M_1, M_2, moteurs; C, cellule; T_1, T_2, thyrotrons.

Le montage n° 1 réalise l'asservissement avec l'emploi d'une seule cellule.

Le montage n° 2 permet d'obtenir en outre la variation progressive du couple du moteur d'entraînement.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Quelques précisions concernant le cognement et l'auto-allumage dans les moteurs à explosion.* Note [1] de M. **Max Serruys**, transmise par M. J. L. Breton.

Le rôle de l'auto-allumage et celui du cognement dans les moteurs à explosion n'ont pas toujours été très nettement discriminés; certains expérimentateurs ont même cru pouvoir confondre ces deux phénomènes. Les documents ci-joints, obtenus au cours des études que nous avons effectuées sous la direction du Service des Recherches de l'Aéronautique, permettent de trancher cette question.

Rappelons d'abord, pour éviter tout malentendu, que dans un moteur à explosion fonctionnant à l'état de régime, c'est-à-dire à chaud, on ne réalise

(1) Séance du 10 juillet 1933.

jamais l'allumage simultané par simple compression de tous les points du mélange carburé par suite des inégalités de température existant entre les différents points de la masse gazeuse et entre les différentes régions de la paroi. L'auto-allumage se présente donc toujours plus ou moins nettement comme un allumage par point chaud et nous dirons qu'il y a auto-allumage chaque fois qu'il n'est plus possible de faire cesser instantanément les explosions en supprimant l'allumage électrique.

Les figures 1, 2 et 3 représentent des diagrammes obtenus à l'aide d'un

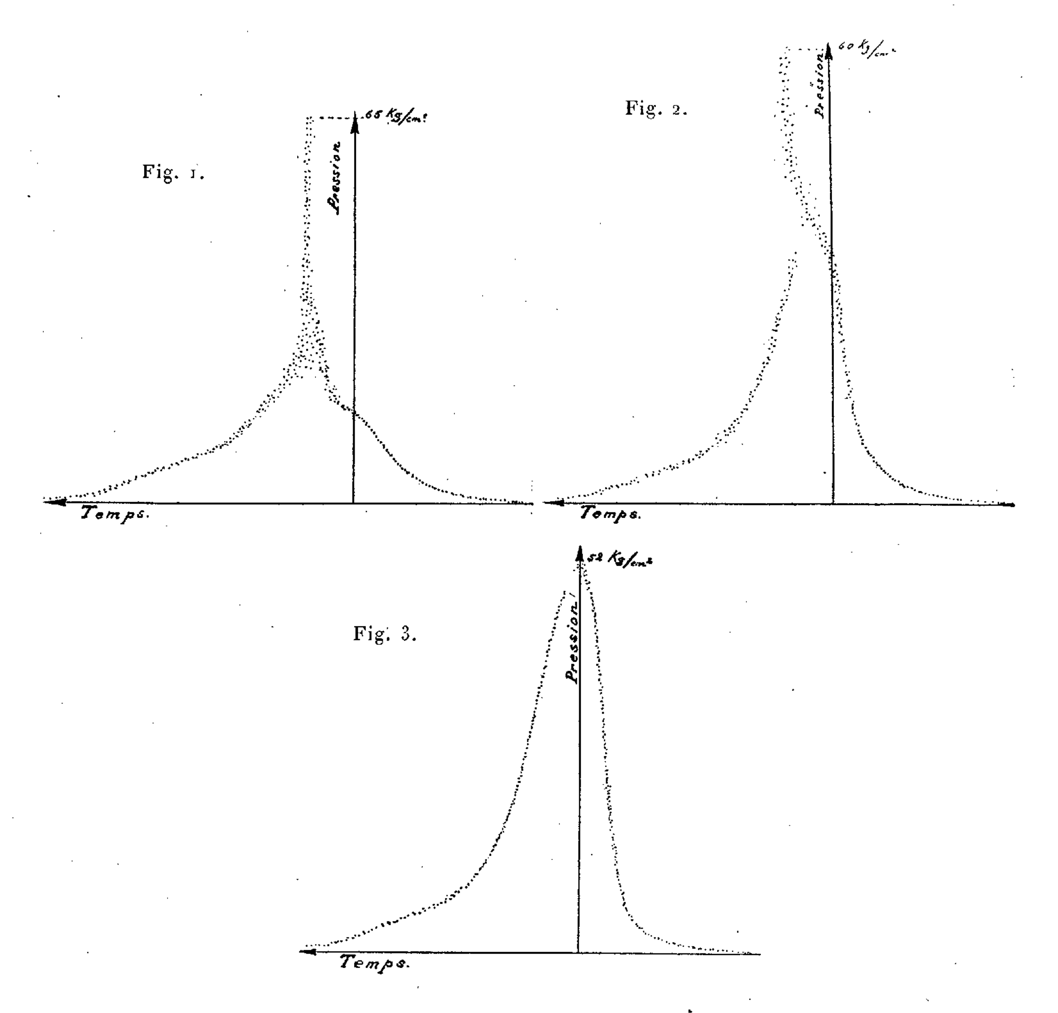


Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 3.

indicateur Farnboro amélioré, branché sur un moteur monocylindrique et dans des conditions de fonctionnement différentes.

Dans le cas de la figure 1, le moteur n'allume pas mais on l'entend

cogner très distinctement; les pressions instantanées (1) mises en jeu sont si fortes qu'elles dépassent la pression maxima que l'appareil pouvait enregistrer (65 kg/cm²). La température de la culasse s'élève rapidement.

Dans le cas de la figure 2, on entend toujours le moteur cogner distinctement, mais il continue à tourner si on coupe l'allumage. La température de la culasse est de 100° supérieure à la normale. Les bougies employées ne sont pas assez froides et provoquent un allumage anticipé, qui suscite lui-même le cognement par le même mécanisme que le ferait une avance à l'allumage exagérée. Il y a donc ici auto-allumage et cognement simultanés, le premier phénomène provoquant le second.

Le diagramme de la figure 3 a été pris sur le même moteur que les précédents, quelque temps après le diagramme de la figure 2 : on n'entend plus le moteur cogner et la pression maxima ne dépasse pas 52 kg/cm²; le diagramme est devenu tout à fait régulier, mais le moteur continue à tourner sans modification de régime quand on coupe l'allumage. *L'auto-allumage a donc persisté tandis que le cognement a totalement disparu.* La température de culasse est d'une trentaine de degrés plus basse que précédemment.

Si nous ajoutons à ces constatations le fait que les trois régimes représentés par les diagrammes des figures 1, 2 et 3 se sont succédés sur le même moteur dans un laps de temps inférieur à 10 minutes, nous sommes en mesure de donner les conclusions et l'interprétation suivantes :

L'auto-allumage et le cognement sont deux phénomènes distincts et peuvent se manifester séparément ou simultanément dans le même moteur.

L'échauffement considérable de certaines parties de la chambre d'explosion (2) résultant du cognement peut provoquer l'auto-allumage (passage du diagramme 1 au diagramme 2).

L'auto-allumage peut évidemment aussi se produire sans que le cognement en soit la cause, mais dans ce cas, il commence presque toujours par provoquer la détonation en agissant comme le ferait une avance exagérée.

Enfin, *l'échauffement résultant du cognement peut provoquer un allumage tellement anticipé que la combustion se termine sous une pression assez faible, et, par suite, sans détonation* (3) (*fig.* 3). Ce régime peut ensuite se maintenir grâce à l'accroissement des échanges de chaleur qui résulte des fortes pressions mises en jeu et de leur durée.

Nous attirons particulièrement l'attention sur le fait que le processus

---

(1) *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 1228.

(2) *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 1376.

(3) Une avance très forte produit effectivement le même résultat.

ci-dessus décrit s'est déroulé, dans certains cas, encore plus rapidement que dans l'expérience que nous décrivons, en sorte que la période de cognement intermédiaire peut passer assez facilement inaperçue, *bien qu'elle soit la cause véritable de l'auto-allumage constaté.*

Nous signalons, en outre, l'extrême régularité du diagramme de la figure 3 qui prouve que l'instabilité des diagrammes obtenus avec l'allumage électrique est due uniquement à ce dernier et vraisemblablement à l'exiguïté du volume gazeux intéressé par l'étincelle.

PHYSIQUE. — *Cause et effet de la dissolution du sel dans le métal.* Note [1] de M. **Thadée Peczalski**, présentée par M. Jean Perrin.

1. Chauffant un métal dans le sel, on observe généralement deux effets, à savoir : la dispersion du métal dans le sel et la cémentation du métal par le sel.

Pour étudier ces deux effets, nous avons chauffé une baguette de cuivre dans un tube de porcelaine rempli de $CaCl^2$ pendant 8 heures à la température de 700°C. Le sel devient coloré en rouge par le cuivre dissout et la baguette perd 0,03 de son poids. L'effet du sel sur le cuivre échappe à l'observation pour cette durée de chauffage.

Faisant la même expérience avec la baguette de cuivre enroulée d'un fil d'acier, on observe après le chauffage une forte dissolution de l'acier dans le sel, le sel est noirci. Le fil d'acier est recouvert d'une mince couche de cuivre. Le cuivre est fortement cémenté, la perte de son poids est insignifiante. Sa densité est de 8,484 mesuré à la température de 19°,4C., alors que la densité du cuivre sans chauffage préalable est de 8,90 à la même température.

Les mêmes effets se produisent quand on chauffe le cuivre dans KCl, KF et $BaCl^2$. De ces expériences, on peut conclure que, pour produire la cémentation du métal par le sel, il faut éviter sa dissolution dans le sel. Afin de confirmer ce fait, nous avons utilisé l'effet connu du courant électrique sur la dissolution des métaux dans le sel : passant le courant électrique du métal au sel en contact, on dissout le métal dans le sel.

L'effet se produit comme si les ions positifs du métal pénétraient dans le sel.

---

(1) Séance du 10 juillet 1933.

Nous avons mis deux baguettes de cuivre dans le sel ($CaCl^2$) porté à la température de 700° C. et nous avons passé le courant électrique entre les baguettes de densité de 3 ampères par centimètre carré.

Après 1 heure de chauffage, nous avons observé une forte cémentation de cuivre servant de la cathode et une faible cémentation de cuivre de l'anode.

Cette expérience démontre que l'un des principaux facteurs de la dissolution du sel dans le métal est la pénétration des ions positifs du sel dans le métal [1], pénétration qui dépend du sens de la chute de potentiel au contact de ces deux corps.

2. La structure du cuivre cémenté a été examinée au moyen des rayons X par la méthode Debye-Scherrer. On a constaté la recristallisation du cuivre produit par son chauffage dans le sel.

La figure 1 montre le diagramme d'un fil de cuivre chauffé pendant 7 heures à 700° dans l'air.

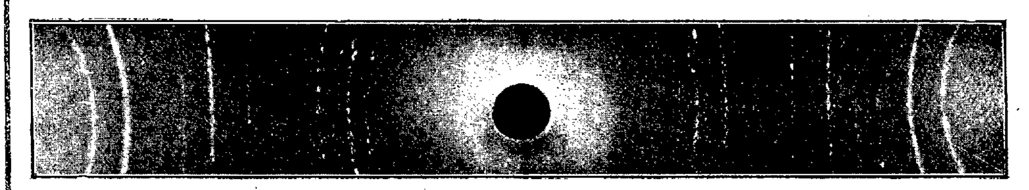


Fig. 1.

a

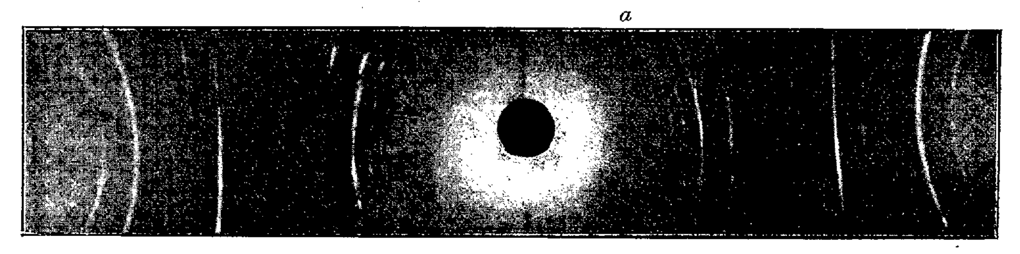


Fig. 2.

On obtient le même spectre pour le fil chauffé dans le vide.

La figure 2 représente le diagramme du fil de cuivre cémenté dans $CaCl^2$ pendant 7 heures à 700° C.

Les deux diagrammes, faits par M. Nowakowski, ont été pris avec les raies K_α et K_β du fer.

---

(1) Voir sur ce sujet : J. Cichocki, *Diffusion des ions positifs du sel à travers le cuivre*. Thèse de doctorat, Paris, 1933.

Comparant les deux diagrammes, on constate l'influence de la cémentation sur la grandeur des cristaux et peut-être sur leur arrangement dans le métal, ce qui est montré par la nouvelle ligne (a) du diagramme 2.

CHALEUR. — *Sur la loi de dilatation thermique du bore.* Note (1) de MM. **Eugène Dupuy** et **L. Hackspill**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Le coefficient de dilatation du bore ne semble pas avoir été déterminé avec précision. Nous n'avons trouvé sur ce sujet que l'extrait d'un travail de Warth (2) paru dans un périodique fort peu répandu en Europe. L'auteur a utilisé du bore fondu déposé sur un filament de tungstène d'après la méthode de Weintraub et s'est contenté de déterminer l'ordre de grandeur du phénomène. Le coefficient de dilatation cubique au voisinage de la température ordinaire serait, d'après lui, voisin de 2,0 ? Du moins c'est le nombre indiqué par l'extrait de *Chemical Abstracts* et par le traité de Gmelin. Il s'agit sans doute de 2×10^{-5}.

L'un de nous ayant préparé avec Stieber et Hocart (3) des baguettes homogènes de bore fondu titrant 99,5 pour 100 et présentant une structure cristalline, nous avons pensé qu'il serait possible de déterminer leur courbe de dilatation en fonction de la température à l'aide de l'appareil de Chevenard et d'en déduire un ou plusieurs coefficients de dilatation.

Il était permis d'espérer que ces mesures mettraient en évidence l'existence de deux variétés allotropiques aux environs de 500° et expliqueraient la variation très rapide de la résistance électrique à cette température signalée par divers savants.

Nos mesures ont porté sur deux échantillons dont l'homogénéité a été vérifiée par un polissage sur quatre faces. L'une de ces baguettes mesurait $22^{mm},7$ de longueur, l'autre $14^{mm},9$.

Au rouge, le bore fondu est attaqué par l'oxygène de l'air et se recouvre d'une couche extrêmement visqueuse d'anhydride susceptible de se combiner à la silice, il était donc indispensable d'opérer dans une atmosphère dénuée d'action. Nous avions pour cela le choix entre l'argon et l'hydrogène. C'est ce dernier gaz, soigneusement purifié et séché, qui a été employé.

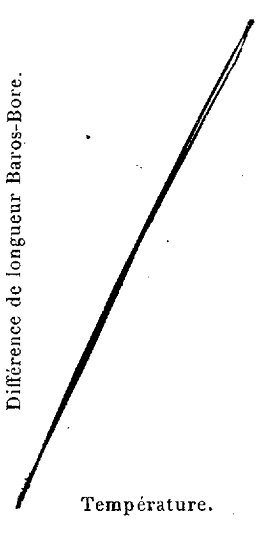
---

(1) Séance du 10 juillet 1933.

(2) *Bl. Maryland Acad. Sci.*, 3, 1923, p. 8: *Chemical Abstracts*, 43, 1923, p. 3116.

(3) Hackspill, Stieber et Hocart, *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 776.

Nous avons en outre été amenés à modifier quelque peu le dispositif bien connu de Chévenard en remplaçant, en particulier, l'un des tubes de quartz fermés à une extrémité, par un tube ouvert permettant une circulation d'hydrogène et muni d'un étranglement sur lequel l'échantillon de bore trouve un point d'appui suffisant. L'élément de comparaison, en alliage « baros », était fixé, à la façon habituelle, dans le second tube de quartz de l'appareil. La température était mesurée entre les deux tubes à l'aide d'un couple chromel-alumel.



Deux expériences ont été faites sur chaque échantillon entre 20 et 750°, et, par conséquent, sans compter les essais imparfaits, quatre courbes ont été enregistrées. Celles provenant d'un même échantillon sont superposables, les autres montrent une analogie parfaite.

L'une d'elles est reproduite par la figure ci-dessus.

On remarquera qu'elle ne présente aucune anomalie et est presque parfaitement rectiligne. On a pu déduire le coefficient de dilatation linéaire moyen entre 20 et 750°. Ce coefficient est égal à $8,3 \times 10^{-6}$, c'est-à-dire très voisin de celui du chrome et nettement inférieur à celui du fer $11,5 \times 10^{-6}$.

Nos expériences comportent une erreur possible d'environ 3 pour 100.

RADIO-ÉLECTRICITÉ. — *Sur quelques réceptions lointaines des émissions de radio-vision de Londres.* Note de MM. **D. Bodroux** et **R. Rivault**, présentée par M. A. Cotton.

Au début d'octobre dernier, les appareils nécessaires paraissant à première vue assez simples et le poste de Londres procédant sur $261^{m},5$ à des émissions régulières, l'un de nous, par simple curiosité, décida de tenter la réception à Poitiers des émissions de radio-vision. Après un certain nombre d'insuccès, il parvint à obtenir des images de petites dimensions très acceptables. L'ensemble utilisé comportait un excellent récepteur, du type superhétérodyne à 5 lampes, sensible et puissant fonctionnant sur petit cadre et accouplé avec une lampe au néon à plaque et un disque de Nipkow entraîné par un moteur à induction. Le synchronisme très précaire était obtenu par freinage à la main sur l'arbre du moteur. Les images fournies par cet appareil mesuraient 15×35^{mm} et présentaient des dédoublements fréquents; comme il n'était pas rare d'observer 5 à 6 images légèrement décalées dans le sens de l'exploration, nous décidâmes alors d'étudier de plus près ces phénomènes de dédoublement qui nous semblaient intéressants.

Les images multiples observées pouvaient avoir deux causes :

1° Déphasage de l'onde incidente dû à des phénomènes de réflexion ou de réfraction pendant le trajet entre l'émetteur et le récepteur;

2° Phénomènes de réflexion dans l'amplificateur utilisé déformant le courant excitateur.

Les phénomènes de la seconde catégorie semblaient assez vraisemblables, l'appareil étant un récepteur de radiophonie non adapté à sa seconde fonction, nous avons monté un récepteur spécial très peu sélectif, la bande passante étant de 25 à 30 kilocycles, d'où tout organe de liaison à fer a été proscrit. Ce récepteur qui comportait une lampe H. F. écran, à pente variable, une détectrice plaque, et trois lampes basses fréquences à résistances, fonctionnait sur une antenne de 35^{m}. Il nous a fourni des images beaucoup plus fines, mais où par instants persistaient de nombreux dédoublements. Nous avions simultanément mis au point, après de nombreux tâtonnements, la synchronisation automatique, celle-ci étant obtenue par une roue phonique alimentée par le courant, préalablement amplifié, fourni par un oscillateur local maintenu en phase par l'émission.

Les images obtenues (très stables quand l'appareil est bien réglé) étant très petites, peu lumineuses et se prêtant uniquement à l'observation visuelle par une ou deux personnes, nous avons cherché à en accroître simultanément la luminosité et les dimensions. Ces résultats ont été obtenus par substitution au disque de Nipkow d'un disque à lentilles de Brillouin associé à une lampe au néon ponctuelle, cet ensemble nous permettant la projection sur écran d'une image assez lumineuse de 14×35^{cm}. Le remplacement du tube à néon par une cellule de Kerr éclairée par une lampe à bas voltage et filament ramassé de 100 watts nous a permis récemment d'effectuer une bonne projection en lumière blanche de 25×58^{cm}.

En possession d'un ensemble récepteur susceptible, suivant son réglage, de fournir une grande image assez lumineuse ou une petite image très lumineuse, nous comptions passer à la photographie des diverses apparences que revêt l'émission, et effectuer sur les clichés des mesures, qui, la vitesse de rotation du disque intégrateur étant connue, nous auraient permis de chiffrer la valeur des retards observés. Malheureusement, à l'heure actuelle, tout travail dans cette voie est devenu à peu près impossible, le poste allemand de Francfort qui se trouve dans la bande latérale de modulation de la télévision de Londres, continuant depuis le 8 avril ses émissions jusqu'à 24^h, celles de radio-vision ayant lieu de 23^h à $23^h,30$. Il en résulte une interférence faisant apparaître, quand elles sont observables malgré le brouillage, les images à travers une grille à mailles serrées qui leur enlève toute netteté. Pour cette raison, nous sommes obligés de renvoyer à plus tard les expériences que nous avions envisagées.

MAGNÉTISME. — *Magnétomètre insensible aux champs magnétiques troublés des grandes villes.* Note de M. **E. Thellier**, présentée par M. Ch. Maurain.

Malgré sa très grande sensibilité, la méthode magnétométrique a été souvent remplacée, dans l'étude de faibles aimantations, par des méthodes d'induction; cet abandon vient principalement de ce que la plupart des auteurs admettent qu'il est impossible d'utiliser un magnétomètre en ville pendant le jour, à cause de la continuelle variation du champ magnétique.

Or, il est possible d'éliminer les effets de cette variation, effets qui deviennent d'ailleurs aussi gênants dans les méthodes d'induction si l'on veut une sensibilité un peu forte, et l'on peut utiliser partout un magnéto-

mètre. Les appareils décrits ci-dessous fonctionnent de manière satisfaisante à Paris, près d'un carrefour très fréquenté, où passe une ligne de tramways.

J'ai adopté un système astatique double rappelant le dispositif astatique pour galvanomètres de Broca. Ce système, pratiquement insensible aux perturbations magnétiques, est constitué par trois aimants parallèles, de moments magnétiques M, 2M, M, collés horizontalement sur une tige de verre très fine suspendue par un fil de cocon. L'aimant 2M a son axe magnétique en sens inverse des axes des deux aimants M et ces deux aimants M sont placés symétriquement par rapport à 2M, l'un au-dessus, l'autre au-dessous. Un tel système présente les qualités suivantes :

1° Il est astatique;

2° De plus, la plupart des champs, constants ou variables, non uniformes sont sans action sur lui. En effet, tout champ magnétique non uniforme, mais dont l'origine est à une distance un peu grande par rapport à la distance des aimants, exercera sur le système mobile un couple nul.

3° Il est symétrique par rapport à l'aimant principal 2M sur lequel on fait agir les échantillons à étudier, ce qui est souvent commode.

Les aimants sont taillés dans une mince lame d'acier. Le moment magnétique M est environ 2 u.e.m. La distance verticale entre les aimants extrêmes est 35^{cm}. L'ensemble est suspendu dans un tube cylindrique de verre dans lequel on a ménagé une ouverture fermée par une lame de verre à faces parallèles devant le miroir concave que porte le système mobile. Deux petites bobines plates, fixées au tube de part et d'autre de l'aimant 2M permettent de placer cet aimant dans un champ très faible (habituellement 0,02 gauss) qui oriente le système. La tige de verre portant les aimants plonge par son extrémité inférieure dans de l'huile minérale, ce qui permet un amortissement réglable.

J'ai installé deux appareils de mesure indépendants. Le premier est constitué par un des systèmes décrits, complété simplement par un plateau permettant d'amener des échantillons (cubes, parallélépipèdes) devant l'aimant 2M, à une distance connue. On peut ainsi déterminer les composantes de l'aimantation de l'échantillon suivant les trois normales aux faces. La sensibilité est telle, qu'un cube de 5^{cm} de côté placé à 4^{cm} de l'aimant 2M donne sur une règle à $1^{m},50$ des déviations supérieures à 10^{mm} par 10^{-4} u. e. m. d'intensité d'aimantation (la stabilité de l'appareil permet des lectures à $0^{mm},5$ près très facilement).

Le deuxième appareil comporte aussi un des tubes décrits et deux

bobines longues, verticales, parallèles, placées de part et d'autre du tube contenant les aimants. Ces bobines permettent d'obtenir un champ magnétique pouvant atteindre 60 gauss dans lequel on place les échantillons cylindriques à étudier. Un dispositif simple permet d'amener successivement chaque extrémité de l'échantillon devant l'aimant 2M. On peut déterminer ainsi l'aimantation permanente du cylindre et sa susceptibilité. Avec un tel appareil magnétométrique, fonctionnant à Paris, on mesure des susceptibilités de l'ordre de 10^{-6} u. e. m.

SPECTROSCOPIE. — *Spectres d'absorption infrarouges de composés organiques possédant deux chromophores.* Note de MM. **Pierre Lambert** et **Jean Lecomte**, présentée par M. A. Cotton.

Nous nous proposons de montrer les changements qui se produisent dans les spectres d'absorption infrarouges (entre 6 et 16^{μ}) de composés organiques possédant deux chromophores, lorsque l'écart entre ces chromophores se modifie. Une étude analogue avait été faite, sur les mêmes dérivés, dans le spectre ultraviolet : Mme Ramart-Lucas en a résumé les résultats dans le *Bull. Soc. chimique* (51, 1932, p. 289). Tous nos produits, au nombre de 17, proviennent du travail de Mme Ramart-Lucas et de M. Hoch [1]; leur formule générale s'écrit : $A-(CH^2)^n-B$, où A et B représentent soit deux radicaux C^6H^5, soit un radical C^6H^5 et un radical $CO^2-C^2H^5$, soit deux radicaux C^6H^5-O, et où n pouvait varier entre 0 et 10. Ces corps possèdent, dans notre région spectrale, de 10 à 15 maxima d'absorption bien définis.

1° Lorsque les chromophores sont reliés directement ($n=0$), le spectre infrarouge diffère profondément de celui que l'on obtient quand ils sont fixés sur le même atome de carbone, sans être unis directement ($n=1$). Le spectre infrarouge se modifie de nouveau, quand deux ou plus de deux atomes de carbone séparent les chromophores, car ceux-ci reprennent alors leur individualité. Ces résultats sont identiques à ceux que l'on trouve dans l'ultraviolet;

2° Dans l'ultraviolet, les spectres des homologues successifs deviennent très voisins à partir de $n=2$ ou 3. Dans l'infrarouge, au contraire, nous avons observé certaines différences dans la position des maxima, comme dans

(1) *Ann. Chim.*, 17, 1932, p. 206.

leur nombre. Dans l'infrarouge, le spectre du composé répondant à la formule $C^6H^5-(CH^2)^3-CO^2-C^2H^5$ ne ressemble que d'assez loin à celui d'un mélange équimoléculaire d'éthyl-benzène et d'acétate d'éthyle, alors que, dans l'ultraviolet, on n'observe que des différences minimes. Ces résultats s'expliquent aisément, si l'on se souvient que, dans la partie ultraviolette du spectre qui avait servi aux déterminations, les groupements CH^2 sont « transparents », alors qu'il possèdent une « couleur propre » dans notre domaine infrarouge. Aussi, dans cette dernière région, en plus des maxima caractérisant les chromophores, trouvons-nous des bandes propres à la chaîne carbonée : leurs positions, ainsi que leur nombre se modifient avec sa longueur. De plus, ces vibrations de la chaîne carbonée, même lorsque *n* est supérieur à 2 ou 3, peuvent changer légèrement les fréquences des vibrations propres aux chromophores.

PHOTOGRAPHIE. — *Influence de la température sur la sensibilité chromatique de quelques plaques photographiques.* Note de Mlle **J. Clavier**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Quelques auteurs ont déjà signalé que la sensibilité d'une plaque photographique, chauffée pendant la pose, était exaltée ou diminuée suivant la radiation agissante et la nature de la plaque. J'ai essayé de mesurer cet effet pour les plaques photographiques couramment utilisées au service de la Carte du Ciel, à l'Observatoire de Paris, et pour quelques autres émulsions et de le traduire par un nombre qui indique aux chercheurs le gain qu'ils peuvent espérer. J'ai étudié les plaques Jougla mauve, Opta, Lumichrome, Reporter, Veritas, Chroma, Micropanchro, Ilford et Crypta.

Les clichés ont été impressionnés au spectrophotomètre de M. J. Baillaud avec des poses dont les durées variaient de 2 à 8 minutes suivant les émulsions. Une quinzaine de minutes avant et pendant l'impression, ils étaient portés à des températures comprises entre 30° et 100°C. en appliquant au dos du châssis qui les contenait un bloc de fonte massif, préalablement chauffé. La température de la plaque (face gélatine) était mesurée pendant la pose à l'aide d'une pince thermoélectrique. Ces clichés étaient ensuite comparés à des clichés témoins impressionnés à la température du laboratoire. Les noircissements ont été mesurés à l'opacimètre intégrateur de M. J. Baillaud.

L'influence de l'échauffement étant variable avec la longueur d'onde, j'ai étudié le phénomène pour les différentes radiations auxquelles les plaques étaient sensibles, à partir de $400^{m\mu}$ jusqu'au rouge, de 50 en $50^{m\mu}$.

Les résultats obtenus confirment les caractéristiques énoncées par M. Masaki [1]. Les nombreuses mesures de densités que j'ai effectuées ont présenté d'une expérience à l'autre des écarts variables dépassant souvent 0,1 et inégalement répartis sur l'étendue des clichés comparés, montrant que les plaques ainsi traitées ne peuvent pas se prêter aux mesures photométriques précises; mais ces écarts sont presque négligeables devant les effets maxima obtenus avec les plaques suivantes : Les Reporter et les Veritas peuvent devenir deux et trois fois plus sensibles pour les radiations supérieures à $550^{m\mu}$, si on les chauffe vers 60° C., c'est-à-dire que la même densité photographique peut être obtenue avec des éclairements 2 et 3 fois moindres; leur sensibilité semble passer par un maximum pour cette température. Les Chroma, chauffées au-dessus de 60°, présentent un gain analogue pour les mêmes radiations, mais sans maximum marqué pour cette température de 60°. Cette même augmentation de sensibilité se produit chez les Micropanchro depuis la radiation $450^{m\mu}$ et pour des températures comprises entre 60° et 90°C. La sensibilité des plaques Crypta est fortement exaltée par la chauffe; dès la température 40° le gain est appréciable, le contraste est fortement augmenté. Dans la région spectrale $650\text{-}750^{m\mu}$, leur sensibilité peut tripler, quadrupler et même s'accroître davantage suivant la densité entre 60° et 80°; mais leur tendance au voile devient très marquée.

Ces quelques données numériques mettent en évidence l'intérêt pratique du mode de sensibilisation par chauffe qui permet de réduire notablement la durée de pose nécessaire pour enregistrer une impression photographique au delà de $500^{m\mu}$ et qui pourra trouver son application, chaque fois que l'on aura surtout en vue le repérage d'une image photographique : raie spectrale ou image stellaire, plutôt qu'une mesure photométrique.

---

(1) *Jap. J. Physics*, **2**, 1923, p. 163; *Sc. et Ind. phot.*, **5**, 1925, p. 31 et 48; *Sc. et Ind. phot.*, 2e série, **1**, 1930, p. 231.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *La complexité du proton et la masse du neutron.* Note de M[me] **Irène Curie** et de M. **F. Joliot**, présentée par M. Jean Perrin.

Le neutron a été considéré jusqu'ici comme résultant de l'association intime d'un proton et d'un électron négatif. Cette hypothèse, qui implique pour le neutron une masse inférieure à la somme des masses de ses constituants, soulève des difficultés théoriques. L'émission d'électrons positifs de transmutation ([1]) par certains éléments légers suggère une hypothèse différente.

On sait que l'aluminium et le bore émettent des protons de transmutation sous l'action des rayons α. Nous avons montré récemment qu'ils émettent aussi des neutrons et des électrons positifs : il se peut que l'émission de ces particules soit simultanée et résulte de la dissociation d'un proton au moment de la transmutation.

Le proton serait donc une particule complexe, constituée par l'association d'un neutron et d'un électron positif avec condensation de masse.

Nous admettrons que la charge de l'électron positif est la même que celle de l'électron négatif et les masses peu différentes.

En supposant les neutrons du bore émis suivant la formule

$$B_{11} + \alpha = N_{14} + \omega\nearrow,$$

les masses de B_{11} et de N_{14} étant connues ainsi que l'énergie des rayons α incidents et des neutrons excités, Chadwick ([2]) a calculé pour la masse du neutron la valeur $\omega = 1,0065$ ([3]). Cette masse, inférieure à celle du proton, s'accorderait avec l'hypothèse du neutron complexe.

Mais on peut aussi admettre qu'un neutron est émis en même temps qu'un électron positif par l'isotope B_{10} auquel on attribue déjà l'émission des protons de transmutation. La formule de réaction nucléaire serait $B_{10} + \alpha = C_{13} + \omega\nearrow + \overset{+}{\varepsilon}\nearrow$.

On peut calculer la masse du neutron sans faire intervenir celles de B_{10} et C_{13}, d'après l'énergie maximum connue des protons de $P_0 + B$. On peut

---

([1]) Irène Curie et F. Joliot, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1885.

([2]) Chadwick, *Proc. Roy. Soc.*, 136, 1932, p. 692.

([3]) Les valeurs des masses sont exprimées dans le système He = 4.

écrire, en appelant W_1 ou W_2 l'énergie cinétique totale libérée.

$$B_{10} + \alpha + W_\alpha = C_{13} + \omega + \overset{+}{\varepsilon} + W_1,$$
$$B_{10} + \alpha + W_\alpha = C_{13} + \pi \qquad + W_2,$$

En retranchant membre à membre, on trouve $W_2 - W_1 = \omega + \overset{+}{\varepsilon} - \pi$.

D'où l'on déduit, en admettant $W_1 = 9{,}5 \times 10^6 eV$ et $W_1 = 4 \times 10^6 eV$ (l'énergie cinétique du neutron + noyau étant de $3{,}8 \times 10^6 eV$, celle des électrons positifs observés étant de l'ordre de $0{,}5 \times 10^6 eV$), une masse de 1,011 pour le neutron, valeur que nous adopterons provisoirement.

Examinons les conséquences de cette hypothèse.

Tout d'abord on évite une grave difficulté théorique relative à la stabilité du noyau de glucinium. On sait que la masse du noyau Be_9 a été évaluée à 9,011 (1), masse supérieure à celle de deux particules α et un neutron avec la valeur $\omega = 1{,}0065$. Au contraire avec la valeur $\omega = 1{,}011$ le noyau de Be_9 peut être constitué de deux particules α et un neutron faiblement liés.

L'énergie des neutrons de $8 \times 10^6 eV$ par Po + Be s'explique bien, ainsi que l'émission des neutrons de faible énergie par Po + Al et Po + Na. Par contre pour expliquer l'émission de neutrons de Po + Li, il est nécessaire de supposer la masse de Li_7 plus élevée que celle qui est actuellement admise. Une nouvelle détermination des masses de Li_7 et de B_{10} serait extrêmement désirable.

En définitive nous pensons qu'il faut considérer le proton comme constitué d'un neutron et d'un électron positif; l'énergie de liaison est de l'ordre de $5 \times 10^6 eV$ et la stabilité est par conséquent très grande.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur le spectre magnétique des rayons β émis par l'AcB + C + C′ + C″.* Note (2) de M. T. **Graf**, présentée par M. Jean Perrin.

Le spectre magnétique du dépôt actif de l'Ac a déjà été étudié par Hahn et Meitner (3) d'une part et par Sze-Shih-Yuan (4) de l'autre. En raison des difficultés expérimentales dues à l'emploi de sources faibles décroissant de

(1) Bainbridge, *Phys. Rev.*, 43, 1933, p. 36.
(2) Séance du 10 juillet 1933.
(3) *Zs. f. Phys.*, 34, 1925, p. 795.
(4) *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 773.

moitié en 36 minutes, ces chercheurs n'ont pu mettre en évidence que quelques raies, dont six seulement d'une existence indiscutable. (La précision des mesures était de l'ordre de 1 pour 100.)

En reprenant ces recherches à l'aide de l'appareil à focalisation construit par d'Espine :

a. Nous avons pu démontrer l'existence de huit raies nouvelles, dont une de grande énergie (736,71 ekV) pouvant correspondre au rayonnement γ très dur, $(\mu/\rho)_{Pb} = 0{,}076$ (¹), dû aux dérivées de l'Ac.

b. Nous avons pu déterminer la limite du spectre continu de l'AcC″.

TABLEAU I.

Nom de la raie.	$\frac{HR}{HR_B}$.	HR.	Energie en 10^6 eV.	Origine.	Energie des niveaux en 10^6 eV.	Energie des rayonnements γ en 10^6 eV.	Intensité photographique.
A......	0,3922	761,65	0,4872	L_1	0,1636	0,6508	15
A*a* (*)...	0,3950	767,10	0,4939	L_2	0,1569	0,6508	1
A*b* (*)...	0,4416	857,60	0,6107	M_1	0,0401	0,6508	4
A*c* (*)...	0,4529	879,55	0,6406	N_1	0,0096	0,6502	1
B......	1,0000	1942	2,6375	K	0,8518	3,4893	100
C......	1,10844	2152,6	3,1227	K	0,9002	4,0229	25
C*a*....	1,1544	2241,8	3,3343	L_1	0,1534	3,4877	40
C*b* (*)...	1,1562	2245,3	3,3425	K	0,9002	4,2427	25
C*c*....	1,1795	2290,6	3,4511	M_1	0,0371	3,4882	8
C*d* (*)...	1,185	2301,3	3,4769	N_1	0,0086	3,4855	2
C*e*.....	1,2658	2458,3	3,8598	L_1	0,1636	4,0234	4
C*f* (*)...	1,3121	2548,1	4,0822	L_1	0,1636	4,2458	6
C*g* (*)...	1,333	2597,0	4,2045	M_1	0,0401	4,2446	4
D (*)....	1,9547	3796,0	7,3671	K	0,9002	8,2673	10

(*) Ces raies n'ont pas encore été signalées.

La précision sur le rapport des rayons de courbure, HR/HR_B, est estimée à 1/2000ᵉ pour les raies C, C*a*, C*b*, C*c*, C*e* et à 1/500ᵉ pour les autres.

Le HR de la raie B a été obtenu par comparaison directe avec la raie très intense du ThB, pour laquelle nous adoptons la valeur HR 1382,6 rendue probable par les récents travaux de M. Valadares (²) sur le rayonnement γ du dépôt actif du Ra. Le HR de la raie B, 1942, est égal à celui trouvé par Hahn et Meitner (*loc. cit.*). Trois des raies signalées par ces

(¹) Mme Pierre Curie et P. Savel, travail en cours de publication.

(²) *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 144.

derniers auteurs n'ont pas pu être retrouvées, malgré l'intensité notable attribuée à ces raies de HR 2418, 2670 et 2772. Il est possible que l'on puisse les attribuer à l'AcX.

L'énergie des rayons β a été calculée en admettant pour la constante e/m_0 la valeur $1,760.10^7$ U.E.M.

Les intensités photographiques ne sont données qu'à titre d'indication. Elles ont été mesurées sur des courbes enregistrées au microphotomètre, en prenant arbitrairement comme égale à 100 l'intensité de la raie B.

Le Tableau II résume l'énergie et la longueur d'onde des cinq rayonnements γ ainsi que les transformations au cours desquelles ils prennent naissance.

TABLEAU II.

Nom du rayonnement γ.	Transformation.	Énergie en 10^5 eV.	λ en UX.
γA............	AcB → AcC	0,6508	189,64
γB............	AcC → AcC″	3,4884	35,38
γC............	AcB → AcC	4,0231	30,68
γC*b*...........	AcB → AcC	4,2444	29,08
γD............	AcB → AcC	8,2673	14,93

Nous pensons que l'énergie et la longueur d'onde des rayonnements γ ne comportent pas une erreur supérieure à 1/500e.

L'énergie de la radiation γB (348,84 ekV) est voisine de la différence énergétique (353 ekV) des deux groupes de rayons α émis par l'AcC.

L'écart entre ces deux nombres n'a rien de surprenant. Dans des cas analogues relatifs à d'autres radioéléments, l'écart est de même sens et du même ordre.

L'existence de la radiation γD n'est indiquée d'une façon directe, que par la seule raie D. Par analogie avec d'autres radioéléments on devrait penser que ce rayonnement, plus dur que les autres, est émis au cours de la transformation AcC → AcC″ (période 2,16 minutes), la plus rapide qui puisse entrer en ligne de compte.

Nous l'attribuons cependant, au moins provisoirement, à la transformation AcB → AcC, car :

a. L'étude actuelle ayant été limitée à HR 7000 environ l'existence de rayonnements γ de plus haute fréquence et de faible intensité ne se présente nullement comme impossible.

b. La structure fine des rayons α de l'AcC n'indique aucune raie qui pourrait correspondre à la différence énergétique de 820 ekV environ, alors que l'intensité de la raie, si elle existait, devrait être notable.

c. La somme des énergies des radiations γC et γCb est exactement égale à l'énergie de la radiation γD :

$$\gamma C + \gamma Cb = 826{,}75 \text{ ekV},$$
$$\gamma D \qquad = 826{,}73 \text{ ekV},$$

relation qui semble indiquer trois des niveaux nucléaires de l'atome AcB.

Nous avons également pu observer la fin du spectre continu dû aux rayons β nucléaires émis par l'AcC″. Une méthode d'absorption, employée par B. W. Sargent (1), a donné un HR de 6140 comme limite de ce spectre. Nous trouvons pour HR la valeur 6000, ce qui correspond à une énergie de 1360 ekV.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'abaissement du point d'eutexie ternaire glace-nitrate de potassium-chlorure d'ammonium.* Note de M. **Henri Muller**, présentée par M. G. Urbain.

Nous avons étudié précédemment l'abaissement de la température d'eutexie, par addition de substances solubles, dans le cas des eutectiques binaires : glace-nitrate de potassium (2); glace-chlorure d'ammonium (3) et dans le cas d'un eutectique ternaire : glace-nitrate de potassium-sulfate de potassium (4), où les deux sels de fond ont un ion commun.

Nous avons continué notre travail par l'étude d'un eutectique ternaire où les deux sels de fond n'ont pas d'ion commun.

Par additions successives de $ClNH^4$ à l'eutectique glace $+ NO^3K$, la température ($-2°{,}84$) baisse d'abord régulièrement, puis reste constante ($-18°{,}09$). On détermine graphiquement que la constance est obtenue dès que l'on a ajouté $25^g{,}1$ de $ClNH^4$ pour 100^g d'eau. En partant de l'eutectique glace $+ ClNH^4$ ($-15°{,}44$) et en ajoutant progressivement du NO^3K on observe des phénomènes analogues. La constance ($-18°{,}09$) est obtenue à partir de $11^g{,}9$ de NO^3K pour 100^g d'eau. Il existe donc un eutectique ternaire dont les phases solides sont glace, NO^3K, $ClNH^4$; il fond à $-18°{,}09$, sa composition est : eau, 100; NO^3K, 11,9; $ClNH^4$, 25,1.

(1) *Proc. Camb. Phil. Soc.*, **25**, 1929, p. 514.

(2) E. Cornec et H. Muller, *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 1735; H. Muller, *Comptes rendus*, **195**, 1932, p. 240.

(3) H. Muller et J. Noël, non publié.

(4) H. Muller, *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1109.

Pour cet eutectique, comme pour les eutectiques précédemment étudiés, nous avons tracé les courbes abaissements moléculaires-abaissements, afin de déterminer les abaissements moléculaires à l'origine K_0.

	K_0.		K_0.
Urée	13,1	$SO^4(NH^4)^2$	$13,2 = 1 \times 13,2$
Saccharose	13,3	ClH	$13,2 = 1 \times 13,2$
$HONH^4$	13,0	BrNa	$26,1 = 2 \times 13,0$
ClNa	13,1	SO^4Na^2	$39,3 = 3 \times 13,1$
NO^3Na	13,4	SO^4Li^2	$39,5 = 3 \times 13,2$
IK	13,1	$P^2O^7Na^4$	$65,4 = 5 \times 13,1$

Ici encore l'abaissement moléculaire à l'origine est, pour les sels : simple, double, triple, quadruple ou quintuple suivant qu'ils renferment 1, 2, 3, 4 ou 5 ions autres que ceux qui figurent dans le ou les sels qui sont à saturation.

Pour l'eutectique étudié les deux sels de fond n'ont pas d'ion commun, il est donc possible de lui ajouter un sel, soit ClK, soit NO^3NH^4, sans apporter d'ions autres que ceux qui figurent dans les sels à saturation. Si la règle énoncée ci-dessus est exacte ClK et NO^3NH^4 doivent donner à l'origine un abaissement moléculaire nul.

L'expérience montre que la température d'eutexie ternaire est franchement abaissée par addition de l'un ou de l'autre de ces sels, mais que les abaissements moléculaires sont beaucoup plus faibles et varient bien plus que dans le cas général. Dans le Tableau suivant, P est le nombre de grammes de sel ajouté pour 100g d'eau contenus dans l'eutectique ternaire, Δ l'abaissement de la température d'eutexie, K l'abaissement moléculaire.

NO^3NH^4 :

P	1,250	2,500	3,750	5,000	7,500	10,000	15,000	22,500
Δ (en degrés)	0,004	0,042	0,083	0,148	0,309	0,507	0,971	1,749
K	0,26	1,34	1,77	2,37	3,31	4,06	5,18	6,21

ClK :

P	1,250	2,500	3,750	6,250	7,500	10,000	–	–
Δ (en degrés)	0,007	0,039	0,110	0,275	0,403	0,712	–	–
K	0,42	1,16	2,19	3,27	3,99	5,27	–	–

En traçant les courbes $K = f(\Delta)$ ou $K = f(P)$ on voit que les abaissements moléculaires à l'origine sont nuls, ce qui confirme bien notre règle.

Il y a lieu de remarquer que dans ce cas les abaissements moléculaires à

l'origine sont bien plus facilement déterminés par les courbes $K = f(P)$, qui se rapprochent de droites, que par les courbes $K = f(\Delta)$. Pour tous les autres sels, il n'y a au contraire, au point de vue pratique, aucune raison de préférer l'une ou l'autre représentation.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Équilibres hétérogènes dans le système : iodure de cadmium, iodure de potassium et eau.* Note de M. **H. Hering**, présentée par M. G. Urbain.

On connaît depuis longtemps deux iodures doubles de cadmium et de potassium, I^2Cd, IK, H^2O et $I^2Cd, 2IK, 2H^2O$, préparés par voie humide. Le diagramme de fusion [1] du couple I^2Cd-IK ne met en évidence que le sel double $I^2Cd, 2IK$.

D'autre part diverses méthodes physiques, cryoscopie [2], ébullioscopie [3], chaleurs de mélange [4], utilisées pour l'étude des mélanges des solutions des deux iodures ont toujours montré l'existence en solution de $I^2Cd, 2IK$.

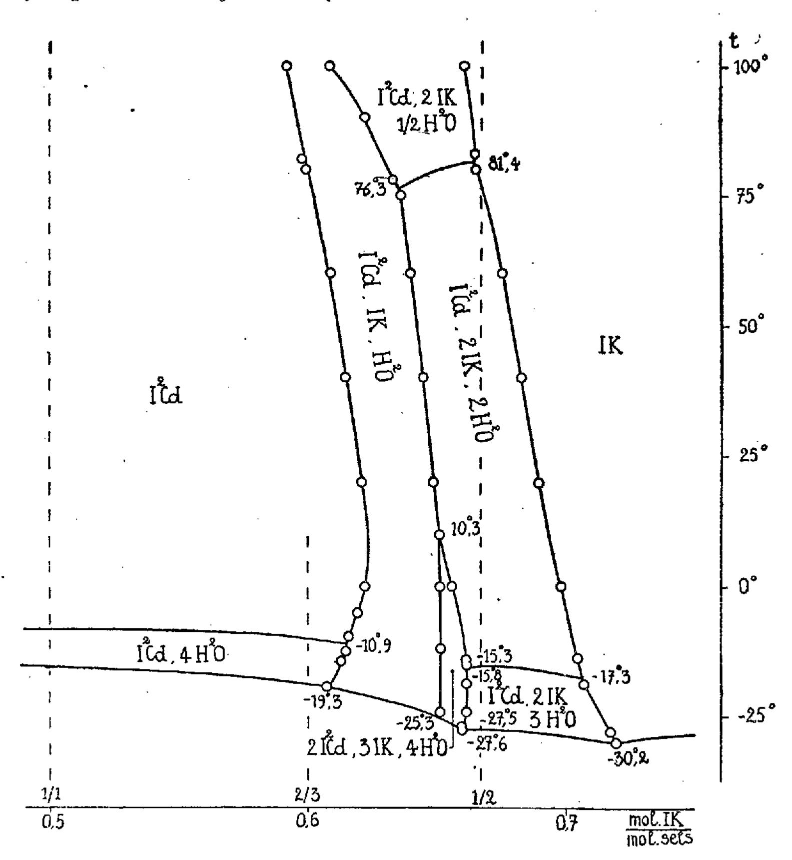
Aucune mesure de solubilité, en dehors des sels simples, n'avait été faite dans le système H^2O-I^2Cd-IK. Nous avons étudié d'une manière systématique les équilibres hétérogènes depuis 100° jusqu'aux températures d'eutexie. Cette étude a mis en évidence l'existence d'un nouvel hydrate de l'iodure de cadmium et de trois sels doubles inconnus $I^2Cd, 2IK, {}^1/_2H^2O$, $I^2Cd, 2IK, 3H^2O$; $2I^2Cd, 3IK, 4H^2O$; elle a confirmé l'existence des deux sels doubles anciennement connus.

Le diagramme a été établi en portant en abscisses le rapport moléculaire de l'iodure de potassium à la somme des sels pour les solutions saturées de deux phases solides, et en ordonnées la température. Il éclaire les relations de stabilité entre les neuf phases solides qui y interviennent. On remarquera que les sels doubles n'existent qu'en présence de solutions où ce rapport moléculaire varie seulement de 0,59 à 0,72; par suite, on n'a représenté que la partie centrale du diagramme.

L'iodure de cadmium, connu seulement sous forme anhydre, peut cristalliser, comme le chlorure et le bromure, à l'état de tétrahydrate, mais

(1) H. Brand, *Zentralbl. f. Min.*, 1912, p. 26.
(2) E. Cornec et G. Urbain, *Comptes rendus*, 158, 1914, p. 1118.
(3) Bourion et Rouyer, *Comptes rendus*, 175, 1922, p. 1406.
(4) Chauvenet, P. Job et G. Urbain, *Comptes rendus*, 171, 1920, p. 855.

son domaine est très petit; sa courbe de solubilité dans l'eau pure s'étend seulement de —2°,9, transition vers l'anhydre, à —5°,3, point d'eutexie. Par addition d'iodure de potassium, ces températures s'abaissent respectivement jusqu'à — 10°,9 et — 19°,3.



Le sel double I^2Cd, IK, H^2O existe dans tout l'intervalle de température étudié; sa solubilité est toujours non congruente; l'évaporation d'une solution équimoléculaire des deux iodures fournit, dans tous les cas, de l'iodure de cadmium, contrairement à l'affirmation de Rimbach (¹).

Le composé I^2Cd, 2IK est soluble dans l'eau d'une manière congruente au-dessous de 76°; il cristallise avec deux ou trois molécules d'eau, suivant que la température est supérieure ou inférieure à —15°,3. Son point de transition, —15°,3, et son point d'eutexie, —27°,5, sont abaissés par

(¹) Rimbach, *Ber. dtsch. Chem. Ges.*, 38, 1905, p. 1562.

addition soit de I^2Cd, soit de IK. Les valeurs correspondantes sont respectivement : $-15°,8$, $-17°,3$, $-27°,6$, $-30°,2$. Lorsque la température s'élève au-dessus de 76°, la solubilité du sel double devient non congruente, et bientôt il cristallise sous forme d'hémihydrate. La transition d'un hydrate à l'autre a lieu de 81°,4 à 76°,3; dans les deux cas extrêmes il y a une troisième phase solide : IK à 81°,3, I^2Cd, IK, H^2O à 76°,3.

Un dernier sel double de formule $2I^2Cd, 3IK, 4H^2O$ intervient aux températures comprises entre 10°,3 et $-27°,6$; son domaine est extrêmement étroit, il ne se forme que dans des solutions qui renferment moins de 0,662 et plus de 0,651 molécules de IK pour une molécule de sels. Par action de quantités croissantes d'eau sur ce nouveau composé, il y a décomposition; il se forme d'abord I^2Cd, IK, H^2O, puis de l'iodure de cadmium.

Dans le système étudié, les solubilités atteignent des valeurs extrêmement élevées. A la température la plus basse où il subsiste une phase liquide, 100^g d'eau tiennent en dissolution 316^g de sels; à 100°, on peut en dissoudre jusqu'à 1880^g dans la même quantité d'eau. Corrélativement, les solutions sont très denses : les densités dépassent 2,67 à 0° et 3,30 à 100°.

Des sels doubles figurant dans ce système, seul I^2Cd, IK, H^2O a son analogue dans le cas des chlorures (¹) et des bromures (²), mais les solubilités de ces derniers sont congruentes.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur le dosage de traces de brome en présence d'un grand excès de chlore.* Note (³) de M. **Fr. Hahn**, présentée par M. G. Urbain.

H. Zondek et A. Bier (⁴) ont indiqué, il y a un an, que la folie maniaque dépressive se distingue de toutes les autres maladies mentales par le fait d'une diminution remarquable du brome contenu dans le sang. Ce fait bien établi serait d'une énorme importance; mais le procédé analytique de Zondek et Bier, utilisable peut-être pour doser quelques milligrammes de brome en présence d'un léger excès de chlore, donne des résultats tout à fait équivoques, s'il s'agit du dosage de quelques microgrammes ($= 1\gamma = 10^{-6}$ g) de brome et pour un rapport moléculaire d'à peu près

(¹) H. Hering, *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 1157.
(²) H. Hering, *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 1348.
(³) Séance du 10 juillet 1933.
(⁴) *Klin. Wochenschr.*, **11**, 1932, p. 633.

1 : 1000ᵉ des deux halogènes (¹). Nous ne savons en effet même pas si le sang admet « une teneur normale » en brome, faute d'un procédé assez précis pour effectuer cette analyse délicate et permettant en même temps d'en effectuer de nombreuses.

En essayant de dégager le brome d'une solution acide au moyen d'un oxydant, on risquera toujours ou de perdre une partie considérable de brome ou de dégager en outre une partie du chlore, ce qui entraînerait des erreurs si l'on dosait l'halogène dégagé par iodométrie, comme on l'a fait jusqu'ici. Il sera donc préférable de faire agir l'halogène naissant mis en liberté par l'oxydation sur un réactif liant sélectivement le brome, par exemple la fluorescéine qui se transforme facilement en éosine par le brome.

On s'est déjà servi de cette réaction pour déceler qualitativement le brome (²), mais toujours en faisant absorber par une solution de la matière colorante le brome gazeux qui s'est dégagé de la solution à examiner; j'ai réussi à simplifier la réaction, à la rendre en même temps plus sensible, et à l'adapter au dosage du brome en la laissant se poursuivre en solution homogène.

Solutions requises. — On dissout 0,1 *n* de *fluorescéine* dans 5^{cm^3} d'une solution sensiblement 0,1 *n* de soude, et l'on en fait 1 litre par addition d'eau.

Mélange tampon. — Une petite partie d'une solution à peu près normale de soude est titrée par l'acide acétique ayant à peu près la même concentration (la phénolphtaléine est employée comme indicateur). En neutralisant le reste de la solution de soude par la quantité d'acide ainsi déterminée, et en ajoutant un excès compris entre un dixième et un neuvième, on obtient un mélange tampon ayant un pH de 5,6 à 5,5.

Oxydant. — Une solution à peu près décinormale de *p*-toluol-chlorsulfonaminate de soude est employée comme oxydant.

Procédé. — On ajoute à la solution à examiner (soit 1^{cm^3}) une goutte de fluorescéine, 3 gouttes de solution tampon, une goutte de l'oxydant. On agite et on laisse la réaction se poursuivre durant une minute ou une minute et demie. Pour arrêter la réaction, on ajoute une goutte de solution faite avec 10^g de soude et 1^g d'hyposulfite de sodium dissous dans 200^{cm^3} d'eau. Le changement de couleur, virage du vert au rose, permet de distinguer

(¹) Fr. L. Hahn, *Klin. Wochenschr.*, 12, 1933, p. 390.

(²) H. Baubigny, *Comptes rendus*, 125, 1897, p. 654; M. A. Labat, *Bull. Soc. chim.*, 4ᵉ série, 9, 1911, p. 393-396; R. Lorenz, E. Bergheimer et E. Grau, *Z. f. anorg. Chem.*, 136, 1924, p. 90.

facilement 0, 0,1, 0,2, 0,4, 0,8, 1,3 et 2 γ de brome. En présence de quantités plus grandes de brome, on ajoutera des doses plus fortes de fluorescéine. On parvient à déterminer d'une façon très précise la teneur en brome d'une solution en la comparant à plusieurs reprises à des solutions dont la teneur en brome est connue ([1]).

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur l'évolution spontanée des solutions aqueuses de chlorure stannique*. Note de M. **Jules Guéron**, présentée par M. G. Urbain.

Les solutions de chlorure stannique, fortement hydrolysées, évoluent spontanément, même à température ordinaire, et cette évolution présente un double aspect : *ionique* [variations du pH ([2]), de la conductivité], et *micellaire* (phénomène de Tyndall; opalescence; arrêt des particules du produit d'hydrolyse par ultrafiltration, centrifugation; et, finalement, dépôt spontané). On trouvera ici une étude parallèle des variations ioniques (pH, conductivité) et de certaines variations micellaires : celles qu'on peut définir au moyen de l'ultrafiltration différentielle ([3]) — ou de la centrifugation différentielle ([4]).

Toutes les observations ci-après ont été effectuées à $20° \pm 3°C$.

Répartition de l'étain entre la solution et la phase dispersée. — Dans le domaine de concentration étudié (2 à 40 g/l. de Cl^4Sn5H^2O), et quel que soit le séparateur employé, (ultrafiltre ou centrifugeuse), la courbe de répartition de l'étain en fonction de l'âge de la solution, est, comme l'ont déjà signalé, en employant la centrifugation, Meunier, Sisley et Génin, analogue à la courbe ci-contre, relative à une solution à 12,5 g/l., et à la méthode de centrifugation.

On y distingue trois parties : 1° *période d'induction* AB; elle diminue : *a*, avec la concentration (24 heures pour une solution à 30 g/l.; moins de 1 heure pour une solution à 12,5 g/l., ou des solutions moins concentrées; méthode d'ultrafiltration); *b*, si l'on passe, pour une même solution, de la méthode de centrifugation à celle d'ultrafiltration : pour une solution à 42 g/l. après 18 jours la centrifugation élimine

---

([1]) F. L. Hahn et R. Klockmann, *Zeitschrift f. angew. Chem.*, **43**, 1930, p. 993; *Mikrochemie*, *Pregl-Festschrift*, 1929, p. 127.

([2]) Smith, *Z. anorg. Chem.*, **176**, 1928, p. 155.

([3]) Heymann, *Z. anorg. Chem.*, **171**, 1928, p. 18.

([4]) Meunier, Sisley et Génin, *Chimie et Industrie*, **27**, 1932, p. 1017.

o pour 100 d'étain, l'ultrafiltration 87 pour 100; pour une solution à 12,5 g/l., au bout de 3 heures, la centrifugation n'arrête pas d'étain, l'ultrafiltration n'en laisse passer que 0,6 pour 100; *c*, si l'on élève la température; *d*, la durée de la période d'induction est en outre fonction d'un effet de parois. 2° *Période de floculation* BC; en peu de temps, l'ultrafiltre, ou la centrifugeuse, arrête la plus grande partie de l'étain. 3° *Le long de* CD la teneur en étain soluble tend vers une limite (en général inférieure à 1 pour 100, dans le domaine de concentration étudié), et cela d'autant plus vite que la solution est plus diluée; enfin on observe la précipitation spontanée.

Variations des propriétés ioniques. — Elles se manifestent *dans l'intervalle* AB *relatif à la période d'induction pour l'ultrafiltration.*

On a une baisse de pH et, corrélativement, une augmentation de conductivité. A tout moment le pH de la liqueur totale est égal à celui de la solution claire obtenue par ultrafiltration ou centrifugation. Les propriétés ioniques sont stabilisées dès que les solutions deviennent opalescentes, c'est-à-dire bien avant que l'on observe aucune séparation par centrifugation. Aussi les variations de pH sont-elles pratiquement nulles pour les solutions à 12,5 g/l. et les solutions plus diluées (10 g., 5 g. et 2 g/l. par exemple) dont les produits d'hydrolyse sont immédiatement ultrafiltrables. De même, Collins et Wood (1) ont observé que l'apparition d'un précipité ne modifie pas la vitesse d'hydrolyse de l'acétate de méthyle dans les solutions 0,2 et 0,4*n* environ (soit 17,5 ou 35 g/l.) de Cl^4Sn5H^2O ; c'est-à-dire que le pH de ces solutions n'est pas affecté par leur état de précipitation; et Kohlrausch (2) signale que la précipitation de telles liqueurs ne semble pas avoir d'influence sur leur conductivité, fait que j'ai confirmé à plusieurs reprises (3). Dans le cas des solutions à 12,5 g/l., il y a, pendant la période BC (définie par centrifugation), une baisse de pH, à peine supérieure aux erreurs de mesure (0,02 unités pH environ).

Répartition du chlore entre la phase dispersée et la solution. — Le long de BC et de CD, on constate que le précipité entraîne un peu de chlore : 5 pour 100 au maximum du chlore total (méthode d'ultrafiltration). Lorsque le précipité s'est séparé spontanément, le phénomène suivant apparaît : dans un volume donné de la liqueur claire obtenue après dépôt spontané (ou filtration) on trouve $98 \pm 0,5$ pour 100 de la quantité de chlore contenue dans le même volume de la solution initiale (expériences multiples sur des solutions à 12,5 et 5 g/l.). Si l'on centrifuge alors, après avoir agité, la solution limpide obtenue a exactement la même concentration en

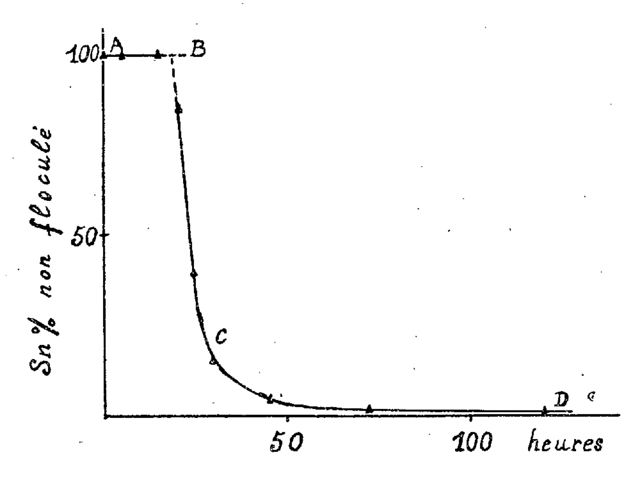
---

(1) Collins et Wood, *J. Chem. Soc.*, **121**, 1922, p. 441.

(2) Kohlrausch, *Z. physikal. Chem.*, 33, 1900, p. 273.

(3) Un processus tout à fait analogue a été signalé pour des mélanges de silicate de sodium et d'acide acétique dont la conductivité ne varie pas depuis le moment où l'on effectue le mélange jusqu'à ce que la précipitation soit complète (Ch. B. Hurd et H. J. Swanker, *Journ. Am. Chem. Soc.*, 55, 1933, p. 2607).

chlore que la solution initiale. Le précipité, abstraction faite du liquide d'interposition, est donc constitué par de l'oxyde stannique hydraté pur. On observe ainsi une *désorption* par centrifugation. On peut supposer qu'au cours de cette opération, le granule de SnO^2 hydraté, brutalement sollicité vers la périphérie, est séparé de la pellicule aqueuse contenant les



ions de la couche double. La centrifugation entraînerait donc une réorganisation de cette couche double, dont seraient exclus les ions Cl.

Entre les phénomènes ici décrits, souvent désignés comme constituant l'*hydrolyse lente* du chlorure stannique, et l'hydrolyse lente du chlorure ferrique, une différence importante se marque : dans le cas du chlorure ferrique, en effet, les variations ioniques ne sont pas limitées à la période d'induction. Je montrerai ultérieurement que les deux processus peuvent s'expliquer par des mécanismes tout à fait analogues.

CHIMIE MINÉRALE. — *Contribution à l'étude des ferrosiliciums.* Note de M. **H. Delomenie**, présentée par M. A. Behal.

Le fer et le silicium en se combinant peuvent, d'après Lebeau (1), fournir trois composés définis $SiFe^2$, SiFe et Si^2Fe; Naske (2) et Frilley (3) admettent en outre l'existence des composés Si^2Fe^3 et Si^3Fe^2.

(1) *Comptes rendus*, **131**, 1900, p. 583; **133**, 1901, p. 1008; *Bull. Soc. Chim.*, 4e série, **5**, 1909, p. 89.

(2) *Chem. Zeit.*, **27**, 1903, p. 481.

(3) *Rev. métall.*, **8**, 1911, p. 492.

Guertbier et Tammann (¹), à la suite de recherches thermiques sur les alliages de fer et de silicium, ont trouvé que le diagramme de fusibilité se compose de quatre branches distinctes, et dénote l'existence de deux combinaisons définies : $SiFe^2$ et SiFe.

Kurnakov et Urasov (²) ont retrouvé l'allure générale du diagramme de Guertbier et Tammann, mais ils l'ont légèrement modifié en remplaçant l'eutectique (SiFe — Si) par une phase solide, la Lebeauïte, fondant à une température sensiblement constante et contenant de 55,18 à 61,5 pour 100 de silicium.

Des examens métallographiques effectués par Wreaks et Bennett (³) d'une part, Kurnakov et Urasov d'autre part, conduisent ces chimistes à des données sensiblement identiques à celles obtenues par l'analyse thermique.

Phragmen (⁴), en utilisant les rœntgenogrammes, a montré l'existence du siliciure Si^2Fe dans les alliages contenant 50 pour 100 de Si. Toutefois, il n'a pu reconnaître ce dernier composé de façon nette dans l'examen métallographique des ferrosiliciums.

Enfin, Bedel (⁵) a pu caractériser l'existence du siliciure Si^2Fe dans les ferrosiliciums à 50 pour 100, par des déterminations de susceptibilité magnétique.

Au cours de notre travail, nous avons examiné des ferrosiliciums industriels et des alliages préparés par nous au laboratoire, par fusion de fer et de silicium aussi purs que possible au four à vide Chaudron, dans des creusets en zircone.

Les surfaces polies ont été attaquées, soit au bain-marie par l'acide chlorhydrique, soit à froid par l'acide fluorhydrique à 17°, 5Bé, soit encore à l'ébullition par une solution alcoolique de potasse.

L'examen métallographique nous a permis de constater que le siliciure SiFe, assez abondant dans les alliages de 45 à 47 pour 100 de silicium, est beaucoup plus disséminé dans les produits purs que dans les ferrosiliciums industriels. Dans ces derniers, il se présente en effet en grosses masses cristallines, tandis que dans les alliages préparés au laboratoire il affecte

---

(¹) *Zeit anorg. Chem.*, **47**, 1905, p. 163.

(²) *Zeit. anorg. allgm. Chem.*, **129**, 1922, p. 89.

(³) *Supplement thirty-eighth annual report of the local Government Board*, 1908-1909, p. 93.

(⁴) *Journ. of the iron and steel institute*, **114**, 1932, p. 396.

(⁵) *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 262.

des formes très variées, allant des dendrites aux granulations. Cette particularité est sans doute due au fait que, dans les produits industriels préparés en grande quantité, le composé SiFe s'agglomère beaucoup plus, par suite de la lenteur du refroidissement.

Quand la teneur en silicium s'élève, le siliciure SiFe devient de plus en plus rare. Ainsi, un alliage à 49,52 pour 100 de silicium n'en contient plus que de très faibles proportions, mais dans ces alliages, à mesure que le siliciure SiFe se raréfie, une structure eutectiforme apparaît. L'eutectique existe le plus souvent en grandes plages ayant l'aspect de la perlite.

Dans le voisinage de la teneur en silicium caractérisant le composé Si^2Fe, soit 50,14 pour 100 de silicium, et jusqu'à 53,5 pour 100 de Si, les surfaces polies révèlent une homogénéité à peu près parfaite. On peut considérer que, dans cette zône, on est en présence d'abord du composé défini, puis d'une solution solide du silicium dans ce dernier, le silicium se séparant seulement en cristaux isolés à partir de 54,4 pour 100 de Si. La proportion des cristaux bien distincts de silicium libre croît ensuite normalement.

Les alliages à 50 pour 100 de silicium préparés au moyen de fer et de silicium purs sont, contrairement aux produits industriels, résistants au choc, et n'ont aucune tendance au délitement. Ils ne dégagent bien entendu, sous l'action de l'humidité, ni phosphure, ni arséniure d'hydrogène.

Si, à ces alliages, purs on ajoute du phosphore ou de l'aluminium, ou ces deux éléments à la fois, de manière à rapprocher leur composition de celle des ferrosiliciums industriels, on constate :

1° Que l'introduction dans ces alliages de 0,03 à 0,04, de phosphore ne modifie ni leur aspect, ni leur stabilité à l'humidité.

2° Que les ferrosiliciums à 45-50 pour 100 de métalloïde contenant jusqu'à 3 pour 100 d'aluminium, mais exempts de phosphore, résistent eux aussi très bien à l'humidité, et gardent leur compacité, même après une exposition prolongée à l'air.

L'examen métallographique a en outre montré que la solubilité de l'aluminium dans ces produits est inférieure à 3 pour 100.

3° Que, par contre, les ferrosiliciums renfermant à la fois de petites quantités de phosphore (0,03 à 0,04 pour 100) et des proportions importantes d'aluminium (2 à 3 pour 100), se désagrègent rapidement sous l'action de l'humidité atmosphérique, en dégageant l'odeur caractéristique du phosphure et de l'arséniure d'hydrogène. La teneur en aluminium joue un rôle primordial dans la rapidité de cette désagrégation.

Ces mêmes alliages, maintenus dans l'air sec, non seulement n'émettent aucun gaz, mais ils ne se délitent pas et gardent leur compacité.

Ces recherches confirment donc l'existence du siliciure Si^2Fe dans les alliages à 50 pour 100, et démontrent que le délitement de ces ferrosiliciums ne doit pas être attribué à une texture particulière en relation avec la teneur en silicium, mais à la présence de phosphure et d'arséniure d'aluminium, dont la formation se produit dans les conditions thermiques qui président à la fabrication de ces alliages.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur l'évolution des aluminates de chaux hydratés.* Note [1] de MM. **A. Travers** et **Pierre Leduc**, présentée par M. Matignon.

M. Lafuma [2] a annoncé que les aluminates

$$Al^2O^3 2CaO.7H^2O, \quad Al^2O^3.3CaO\ 12\ H^2O, \quad Al^2O^3.4CaO.12\ H^2O,$$

ayant tous la même structure hexagonale, étaient transformés très rapidement à 80°C., par un excès d'eau de chaux, en aluminate tricalcique *cubique*

$$Al^2O^3.3CaO.6H^2O.$$

Nous avions nous-mêmes fait une constatation analogue depuis plus d'un an [3] et Gummar Assarson [4] avait indiqué que :

1° Dans les produits de réaction de l'aluminium sur l'eau de chaux saturée à 22° C. (0,125 CaO pour 100), on obtient une quantité importante d'alumine, quelques tablettes hexagonales et quelques icositétraèdres, d'indice 1,603, analogues à l'hexahydrate de l'aluminate tricalcique de Thorvaldson et Grace [5];

2° Dans la même réaction à 40°C., on n'observe plus d'alumine, mais les deux formes d'aluminate coexistent;

3° A 60-90° C., on obtient uniquement l'aluminate $Al^2O^3.3CaO.6H^2O$ en icositétraèdres, hexaèdres et rhombododécaèdres.

a. Nous avons constaté que la transformation en aluminate cubique était d'autant plus facile et plus rapide, *que le* pH *est plus élevé*, en particu-

(1) Séance du 10 juillet 1933.

(2) *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1671.

(3) L'un de nous a enseigné cela dans un cours public en novembre 1932.

(4) *Z. anorg. Chem.*, **191**, 1930, p. 333.

(5) *Canad. Journ. of Research*, **1**, n° **1**, 1929, p. 44.

lier elle est plus rapide pour l'aluminate décrit par M. Le Chatelier [1], que pour les aluminates à forme hexagonale. Par exemple, si l'on se place dans des conditions de pH > 12, on obtient, en très peu de temps (30 minutes), à 40-45°C., une transformation importante en aluminate cubique. Celle-ci se produit *même au voisinage de la température ordinaire*, et peut être pratiquement complète en une journée, entre 19 et 25°C. Nous devons signaler cependant que l'évolution ne se produit pas toujours avec la même vitesse, et qu'on peut avoir des faux équilibres.

La transformation de l'aluminate en aiguilles, que nous avons décrit, et qui est stable dans un pH plus acide, voisin de 11,6, est encore plus lente.

Si l'on admet, avec M. Lafuma, que les divers aluminates hydratés ne sont que des espèces *métastables*, on serait donc conduit à dire que la métastabilité est d'autant plus précaire que le pH est plus élevé.

b. Cette conclusion n'est peut-être pas aussi évidente. *Il n'est pas démontré que la transformation des aluminates, hexagonaux* par exemple, *en aluminate cubique, soit irréversible.* Nous avons constaté le phénomène inverse, qui est également signalé par Thorvaldson et Grace [2]. Ces auteurs, dans leur remarquable Mémoire, indiquent « qu'en agitant avec de l'eau l'aluminate tricalcique anhydre, *à basse température* (voisinage de 0°), il se forme facilement un hydrate ayant la forme *hexagonale* décrite par Klein et Philipps [3], tandis que par hydratation au voisinage de la température ordinaire, on fait l'aluminate cubique, dont la solution renferme exactement la composition : $1\,Al^2O^3\,3\,CaO$ (pH de la solution à 21°C. : 11).

» La température la plus basse à laquelle il y a passage de la forme hexagonale à la forme cubique, sous la pression ordinaire, est de 25° ; mais des échantillons des deux formes peuvent coexister pendant de longues périodes. »

Ces remarques manifestent combien il est dangereux d'appliquer la règle des phases à de pareils systèmes, où les faux équilibres sont presque la loi.

---

(1) On part d'une solution d'aluminate anhydre monocalcique qu'on dilue d'un volume égal d'eau de chaux (LE CHATELIER, *Constitution des mortiers hydrauliques*, Dunod, 1904, p. 58).

(2) *Canadian Journal of Research*, **1**, n° 3, 1929, p. 205.

(3) *U. S. Bur. Standards, Techn. Paper*, **43**, 1914.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la penténylamine.* Note de M. **H. Cottin**, présentée par M. A. Béhal.

En vue d'une étude sur la formation des noyaux pyrrolidiques et pipéridiniques nous avons été amenés à préparer quelques amines éthyléniques 1-4.

Le premier terme de cette série, la penténylamine, a été décrite par von Braun (¹) comme un liquide d'odeur intense, bouillant à 91-94° et se formant dans la décomposition de l'hydrate d'ammonium quaternaire :

$$H^2N.(CH^2)^5.N\begin{matrix}\diagup\!\!\diagup(CH^3)^3\\ \diagdown OH\end{matrix}.$$

Il semble bien cependant que le chimiste allemand n'ait pas obtenu l'amine pure, mais bien l'hydrate. On sait en effet que les isomères penténytiques :

$$CH^2 = CH - (CH^2)^3 -$$

et éthylallyliques :

$$CH^3 - CH^2 - CH = CH - CH^2 -$$

ont des points d'ébullition presque identiques (²). Or l'éthylallylamine bout à 110° et son hydrate à 93° (³).

Ce qui suit montrera la justesse de notre hypothèse :

En dirigeant un mélange de vapeurs d'acide allylacétique et d'ammoniaque sur de la silice chauffée à 500°, on obtient l'allylacétonitrile, liquide d'odeur cyanhydrique agréable, bouillant à 142-143° sous 749^mm^ (60-61° sous 40^mm^).

Analyse. — N pour 100, trouvé : 17,14; calculé : 17,28.

$$D\frac{14}{15} = 0,848, \qquad n\frac{14}{D} = 1,4213,$$

R. M., trouvée : 24,23, R. M., calculée : 24,59.

Hydrogéné par le sodium et l'alcool absolu, il conduit à la penténylamine, qui, après un long séjour sur la soude fondue, bout à 105-106°

(¹) *Ann. Chem.*, **382**, 1911, p. 1.
(²) R. Paul, *Ann. de Chimie*, X^e^ série, **18**, 1932, p. 348.
(³) Meisenheimer et Link, *Ann. Chem.*, **479**, 1930, p. 211.

Analyse. — N pour 100, trouvé : 16,21 ; calculé : 16,47.

$$D\frac{16}{15} = 0,777, \qquad N\frac{16}{D} = 1,428,$$

R. M., trouvée : 28,16 ; R. M., calculée : 28,24.

C'est un liquide qui se carbonate facilement et donne un hydrate bouillant à 93°. Son chloroplatinate (Pt pour 100, calculé : 33,66 ; trouvé : 33,56) cristallise anhydre. Il se décompose avant de fondre (projection) ; von Braun avait indiqué comme point de fusion 166°. La toluène-sulfamide n'a pu être purifiée par cristallisation.

Le nitrile allylacétique s'obtient aussi avec un bon rendement dans la décomposition de l'acide allylcyanacétique, venant de la saponification à froid de l'allylcyanacétate d'éthyle.

Malheureusement cet éther est difficile à obtenir pur ; l'action du chlorure, bromure, iodure d'allyle sur le cyanacétate d'éthyle monosodé conduit surtout au diallylcyanacétate d'éthyle. De semblables difficultés ont été fréquemment observées.

Le diallylcyanacétate, qui s'obtient ainsi avec un rendement de 70 pour 100, donne facilement l'acide diallylcyanacétique. Par décomposition de cet acide on a, avec un bon rendement, le diallylacétonitrile, liquide d'odeur forte et agréable, déjà préparé par Oberreit [1], par déshydratation de la diallylacétamide. Ses constantes n'avaient pas été determinées jusqu'ici.

Analyse. — N pour 100, trouvé : 11,61 ; calculé : 11,57.

$$D\frac{13,5}{15} = 0,857, \qquad n\frac{13,5}{D} = 1,44902,$$

R. M., trouvée : 37,88, R. M., calculée : 37,98.

C'est un liquide bouillant à 85° sous 25^{mm}. Hydrogéné par le sodium et l'alcool absolu, il conduit à la diallyléthylamine qui bout à 57-58° sous 14^{mm}. Cette amine a été également obtenue de cette manière par Oberreit, qui n'en a pas déterminé les constantes,

$$D\frac{15}{15} = 0,824, \qquad n\frac{15}{D} = 1,4616,$$

R. M., trouvée : 41,66, R. M., calculée : 41,63.

Sous l'action d'un courant prolongé d'acide bromhydrique, cette amine

---

[1] *D. Chem. Ges.*, 29, 1896, p. 2005.

fixe environ 3 molécules d'hydracide. Traitée ensuite par la potasse, l'amine dibromée donne un mélange d'amines actuellement à l'étude, mais vraisemblablement formé d'allylméthylpyrolidine (I) et de l'amine tertiaire (II),

```
      CH²————————CH—CH²—CH=CH²           CH²———CH———CH²
       |          |                       |     |     |
CH³—CH\          /CH²                     |    CH²    |
        \       /                         |     |     |
          NH        ,                 CH³—CH————N————CH—CH³
         (I).                                 (II).
```

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la préparation synthétique de composés chlorométhylés dérivés des phénols.* Note de M. **Marcel Sommelet**, présentée par M. A. Béhal.

J'ai montré, il y a quelques années ([1]) que les homologues du chlorure de benzyle peuvent être obtenus à partir des hydrocarbures benzéniques quand on les soumet à l'action de l'oxyde de méthyle monochloré en employant le chlorure stannique comme agent de condensation. L'équation suivante représente la transformation :

$$Ar - H + CH^3O - CH^2 - Cl = CH^3OH + Ar - CH^2Cl.$$

J'avais, en outre, indiqué auparavant ([2]) que l'hexaméthylène-tétramine, en solution dans l'alcool dilué, transforme, à chaud, ces chlorures de façon telle que leur groupement — CH^2Cl fait finalement place à une fonction aldéhyde — CHO.

L'ensemble de ces deux réactions constituait donc une méthode permettant de passer d'un carbure benzénique à l'aldéhyde benzoïque et à ses homologues.

Dès l'origine de cette étude, j'avais cherché à étendre la réaction de chlorométhylation indiquée ci-dessus à d'autres dérivés du benzène que ses produits de simple substitution hydrocarbonée. J'indiquerai, dans cette Note, quelques-uns des résultats déjà obtenus en ce qui concerne certains éthers-sels de phénols.

Il ne semble pas, en effet, possible de préparer directement les dérivés chlorométhylés du noyau des phénols à fonction simple en prenant ces

([1]) *Comptes rendus*, **157**, 1913, p. 1443.
([2]) *Comptes rendus*, **157**, 1913, p. 852.

derniers corps à l'état de liberté. Si l'on a pu, en effet, obtenir de tels dérivés à partir de phénols dont le noyau porte des substituants négatifs tels que Cl, NO^2, CO^2H, etc, en les traitant par l'aldéhyde formique et l'acide chlorhydrique et en s'aidant ou non d'un déshydratant tel que Cl^2Zn ([1]), l'action de tels réactifs sur le phénol ordinaire libre semble ne conduire à aucun produit défini, comme l'a montré Kleeberg ([2]). Il était donc nécessaire pour arriver à la chlorométhylation cherchée, de mettre en œuvre des éthers-sels ou des éthers-oxydes des phénols.

Je me suis d'abord adressé aux premiers et, après une série d'essais préliminaires, je me suis arrêté aux éthers carboniques mixtes d'éthyle et d'aryles qui m'ont fourni rapidement des résultats favorables. C'est ainsi que l'éthylcarbonate de phényle $C^2H^5O.CO.O.C^6H^5$, condensé avec l'éther chlorométhylique $CH^3O.CH^2Cl$, en présence de pentachlorure d'antimoine, se transforme en dérivé chlorométhylé $C^2H^5O.CO.O.C^6H^4.CH^2Cl$.

Le mode opératoire est le suivant : on dissout dans le tétrachlorure de carbone un mélange équimoléculaire de l'éther-sel et de l'éther-oxyde CH^3-O-CH^2Cl, on refroidit à -15°, puis on ajoute goutte à goutte $0^{mol},5$ de $SbCl^5$. Une réaction assez vive se déclare rapidement; on règle la vitesse d'addition de $SbCl^5$ de façon que la température du milieu reste comprise entre -15° et -10°, puis quand le réactif condensant a été employé en totalité, on verse le produit de réaction sur la glace.

Après traitement approprié, suivi de distillation fractionnée, on isole le dérivé chlorométhylé cherché (rendement voisin de 50 pour 100). C'est une masse cristalline fusible à 25-26°, distillant à 163-166° sous 15^{mm}, à 180-182° sous 27^{mm}; ce composé, traité par l'hexaméthylène-tétramine en solution hydroalcoolique, donne d'emblée de l'aldéhyde *p*-oxybenzoïque (F. 117°) identifiée par sa transformation en aldéhyde anisique (*semicarbazone* F. 210-211° au bloc Maquenne, un produit type donnant F. 212°). La constitution du dérivé chlorométhylé obtenu répond donc à celle du *p-chlorométhylphénylcarbonate d'éthyle*.

L'extension de cette réaction à d'autres carbonates mixtes de phénols m'a permis d'obtenir, entre autres, les *dérivés chlorométhylés des trois crésylcarbonates d'éthyle* (*ortho*, F = 35°, Eb_{16} = 162°; *méta*, F = 29°, Eb_{13} = 165-167°; *para*, liquide, Eb_2 = 125-126°), *du thymylcarbonate d'éthyle*, liquide, Eb_3 = 155-156°, de *l'ortho-chlorophénylcarbonate d'éthyle*, liquide, Eb_5 vers 162°.

Je poursuis l'étude de cette réaction en ce qui concerne ses variantes possibles, ses applications nouvelles et l'emploi des chlorométhylés qu'elle fournit.

([1]) Farbenfabriken vorm. Fr. Bayer et C°, brevets allemands 113723 et 132475; Stoermer et Behn, *D. ch. G.*, 34, 1901, p. 2455.

([2]) *Lieb. Ann. d. Chem.*, 263, 1891, p. 283.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la condensation du formol, des amines et des phénols.* Note de M. **J. Décombe**, présentée par M. Delépine.

Nous avons montré (¹) que les monophénols se condensent avec le formol et la diméthylamine en donnant exclusivement des ortho-amino-méthyl-phénols dont le type le plus simple est l'ortho-hydroxy-N-diméthyl-benzylamine : $C^6H^4\langle^{OH}_{CH^2-N(CH^3)^2}$. Nous nous trouvions en désaccord avec un brevet allemand de Bayer d'après lequel les condensations en question fournissent un mélange, séparable par les alcalis dilués, d'amino-méthyl-phénols et d'aminométoxy-benzène $C^6H^5-O-CH^2-N(CH^3)^2$. Depuis nous avons eu connaissance du brevet anglais correspondant. Celui-ci précise que la seconde forme s'obtient à froid et qu'elle s'isomérise sous l'action de la chaleur pour donner la forme hydroxylée. Afin d'acquérir toute certitude à ce sujet nous avons refait quelques-unes des condensations indiquées dans ce brevet, savoir :

(I). Phénol + formol + diméthylamine;

(II). *p*-acétamino-phénol + formol + diméthylamine;

(III). β-naphtol + formol + diméthylamine;

(IV). β-naphtol + formol + pipéridine.

Les résultats obtenus nous conduisent à maintenir nos précédentes conclusions. Les condensations (I) et (III) fournissent à froid des produits solubles dans les alcalis et donnant des chlorhydrates de dérivé benzoylé. La condensation (III) ne se fait pas à froid. Seule la condensation (IV) fournit, dans la glace fondante, un composé fondant à 94-95°, insoluble dans les alcalis dilués. Mais ses propriétés nous obligent à le considérer comme possédant encore un hydroxyle libre. En effet, il ne subit aucune transformation sous l'action de la chaleur, même à la température d'ébullition du xylène; chauffé pendant plusieurs heures en présence d'une lessive de soude à 10 pour 100, il subit une hydrolyse partielle et la solution acidifiée laisse précipiter du méthylen-bis-β-naphtol : additionné de chlorure de benzoyle en solution éthérée, il donne un précipité microcristallin dont le pourcentage de chlore correspond exactement à celui du chlorhydrate de dérivé benzoylé; ce dernier, traité à son tour par une solution froide de bicarbonate de sodium en présence d'éther, conduit à un

(¹) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 866.

benzoate fondant à 115°. Enfin la présence d'un hydroxyle libre est définitivement mise en évidence par le dosage d'hydrogène mobile par la méthode de Zerewitinoff qui nous a donné pour le pourcentage de OH la valeur 6,97, la valeur calculée pour $C^{10}H^{6}\left\langle\begin{array}{l}OH\\ CH^2-N\left\langle\begin{array}{l}CH^2-CH^2\\ CH^2-CH^2\end{array}\right\rangle CH^2\end{array}\right.$

étant 7,06. Il faut donc admettre que, dans ce composé, la basicité du groupement pipéridinique anihile sensiblement l'acidité de la fonction phénolique. Ceci est d'ailleurs d'accord avec la faible stabilité du benzoate dont le point de fusion s'abaisse quand on le fait recristalliser dans un mélange d'alcool et d'eau et qui, après deux cristallisations dans ce solvant, redonne le produit initial. En résumé, la solubilité ou l'insolubilité dans les alcalis de ces composés ne sauraient prouver que la fonction phénolique est bloquée.

Nous allons exposer maintenant les résultats que nous avons obtenus avec les polyphénols : pyrocatéchine, résorcine, hydroquinone, phloroglucine. Dans les conditions précédemment indiquées ces composés ne conduisent qu'à des produits résineux rouges ou verts. Toutefois, si l'on remplace le diméthylamine libre par son chlorydrate, on obtient, en évaporant lentement à froid le mélange des constituants, des sels blancs cristallisés dont le pourcentage en chlore correspond bien à celui du chlorhydrate du produit de condensation attendu. La phloroglucine donne même deux sels, correspondant respectivement aux formules :

$$\begin{array}{l}HO\\ HO\end{array}\Big\rangle C^6H^2\Big\langle\begin{array}{l}OH\\ CH^2-N(CH^3)^2,\ HCl\end{array} \quad \text{et} \quad \begin{array}{l}HO\\ HO\end{array}\Big\rangle C^6H\begin{array}{l}\diagup CH^2-N(CH^3)^2,\ HCl\\ -CH^2-N(CH^3)^2,\ HCl\\ \diagdown OH\end{array}$$

un troisième était à prévoir, mais nous n'avons pas réussi à l'obtenir quelles que soient les quantités de réactifs en présence. Cependant, l'isolement des amino-phénols correspondants n'est pas possible, car ces sels traités par les alcalis conduisent aux mêmes résines obtenues initialement avec la base libre.

Mais si l'on bloque par éthérification l'une des fonctions phénols, la condensation peut être effectuée avec la diméthylamine dans le cas de l'éther monométhylique de la pyrocatéchine et dans celui de l'éther monométhylique de l'hydroquinone. Avec l'éther de la pyrocatéchine, on obtient un corps bouillant à 127-129° sous 5^{mm} et fondant à 46-47°; il est soluble dans les alcalis et donne avec le chlorure de benzoyle un chlorydrate de dérivé benzoylé fondant très mal aux environs de 160°; c'est, en vertu des résultats exposés dans notre précédente Note, la 2-hydroxy-3-méthoxy-N-diméthyl-

benzylamine. Avec l'éther de l'hydroquinone, on obtient la 2-hydroxy-5-méthoxy-N-dyméthylbenzylamine, liquide huileux, légèrement coloré en jaune, bouillant à 115-117° sous 2^{mm}, soluble dans les alcalis et donnant un chlorydrate de dérivé benzoylé fondant assez bien à 155-156°.

L'éther monométhylique de la résorcine, aussi bien que les éthers mono- et diméthyliques de la phloroglucine ne donnent que des résines brunes. Il semble donc que la position relative des hydroxyles en *méta* soit particulièrement défavorable pour ce genre de condensation dans la série des polyphénols.

GÉOLOGIE. — *Les étirements de bordure du massif jurassique de Thèmes et de ses abords, aux environs de Rocbaron et de Carnoules (Var).* Note de M. **Antonin Lanquine**, transmise par M. Ch. Jacob.

Après avoir montré les relations réciproques des accidents dysharmoniques qui affectent le Trias et sa couverture liasique et jurassique normale dans la région de Méounes et de Néoules ([1]), il est utile d'établir leur similitude avec les accidents de bordure que j'ai observés en détail vers la base du massif jurassique de Thèmes, situé plus à l'Est.

Ce massif, couronné par un Bathonien supérieur calcaire formant falaise et dénommé pour cette raison la Barre de Thèmes, domine à l'Est et au Sud-Est le petit village de Rocbaron et, au Nord et au Nord-Ouest, la localité de Carnoules et la vallée où coule le ruisseau du même nom. L'allure du Bathonien calcaire du faîte est celle d'un haut plateau. C'est ainsi que Marcel Bertrand et Ph. Zurcher l'ont représenté, aux confins des cartes géologiques au 1/80000e de Toulon et Draguignan. En réalité, les pendages constatés ([2]), d'une part au contact du Bathonien marneux sous-jacent et, d'autre part, en explorant le pourtour de la surface supérieure, permettent de voir qu'une large ondulation synclinale caractérise le sommet ([3]).

Sur le versant méridional, les plongements N et NNW du Bathonien-Bajocien marneux, modérés dans l'ensemble, s'accentuent cependant en

---

([1]) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 77-79.

([2]) L'échelle topographique utilisée pour mes observations détaillées reste le 1/10000e.

([3]) Deux dolines comblées de *terra rossa* sont, sur cette surface, au voisinage de la barre sud; la plus vaste atteint l'ancienne bastide abandonnée de Thèmes, près de la cote 411,7.

plusieurs points de la dépression longitudinale située sur le bord N des premières collines, alignées E-W, qui dominent la grande plaine permienne. Et le relèvement des couches liasiques est plus accusé encore, sur le flanc septentrional de ces buttes. Des réductions d'épaisseur, souvent notables, des divers termes du Lias s'y montrent qui sont uniquement tectoniques parce qu'intéressant tantôt un étage, tantôt l'autre, dans une même bande continue et également érodée.

Plus à l'Ouest, sous les mamelons isolés de Bathonien calcaire cotés 578,3 et 517,7, témoins séparés de la grande barre de Thèmes, les divers niveaux considérés s'étalent au contraire, sans étirement apparent, à la traversée des vallons que suit la route de Puget-Ville à Rocbaron, vers le col 432,7. Mais, au Sud-Ouest immédiat de ce point, la même succession va s'infléchir et s'étirer sous les sommets 515 et 536 occupés par du Bathonien calcaire. Quelques ondulations serrées affectent l'Hettangien et le Rhétien de la base, au-dessus du Keuper qui affleure au Nord des ruines de Haute-Ville. Puis, Lias à silex, Bajocien et Bathonien marneux viennent s'effiler contre un accident dirigé WNW-ESE, suivant à peu près l'axe du petit ravin longé par le vieux chemin muletier de Puget-Ville à Garéoult. Sur le revers nord du ravin, cette succession amincie repose, en chevauchement local, sur un Rhétien et un Hettangien plongeant fortement au Nord-Est et formant le revers opposé. C'est, par exemple, l'Hettangien qui s'enfonce directement sous le Bathonien marneux, au-dessous du sommet 515,1; c'est, plus loin, le Domérien qui plonge sous le Bathonien calcaire. On atteint ainsi la terminaison sud-orientale de la plaine quaternaire du Sud de Rocbaron sur le bord de laquelle tout redevient normal. Il s'agit donc d'un étirement relativement limité, au-dessus du Trias supérieur, sur la bordure occidentale du massif de Thèmes.

L'extrémité orientale, au Nord de Carnoules, nous donne l'exemple d'un décollement plus net, toujours au-dessus du Trias, en explorant les collines cotées 302 et 319 au pied desquelles se trouve le village. Dans le chemin du cimetière, le Muschelkalk plonge à 45-48° E sous un Keuper qui forme une bande continue autour de l'éperon dont les constructions de Carnoules contournent la terminaison SE.

Au-dessus vient un Rhétien développé sur le flanc sud des deux collines et plongeant au NNW. Mais ce terme se réduit rapidement sur le flanc est, l'Hettangien largement étalé sur les sommets venant alors se superposer directement au Keuper. Quant à l'ensemble Domérien-Aalénien, bien représenté sur la butte 322 et ses entours, il s'effile au pied du sommet 335

sous le Bathonien-Bajocien marneux. Au collet qui sépare les deux hauteurs 319 et 335, au Nord de Carnoules, et en allant vers l'Est, au-dessus de la vallée qui sépare le massif de Thèmes des collines de Pignans, il n'y a plus de Lias à silex et l'Hettangien s'enfonce d'abord sous les calcaires marneux puis sous le Bathonien supérieur calcaire. Cet Hettangien même disparaît vers le Nord sous la bordure de Bathonien calcaire qui domine la vallée et qui va recouvrir les couches du Keuper sur plus de 1^{km}. Cependant, au Sud de la bastide Garouvin, une lame de Lias à silex allongée NS s'intercale sur le flanc oriental de la colline entre les dolomies et cargneules triasiques et le Bathonien calcaire. Les pendages du Jurassique, d'abord N et NW au-dessus de l'Hettangien, puis W au-dessus du Keuper sont peu accentués. Quant au Trias du soubassement, si les affleurements assez chaotiques des cargneules supérieures offrent relativement peu de données précises, le Muschelkalk de la vallée à l'Est de Carnoules présente, au contraire, d'abondants exemples de plissements aigus. On retrouve ici et sur le bord occidental des collines liasiques de Pignans la dysharmonie sur laquelle j'ai récemment insisté pour la région de Méounes-Garéoult, à cette différence près que le décollement n'atteint que la base du Bathonien calcaire aux extrémités du massif de Thèmes.

Aux faits de même ordre que j'ai déjà signalés s'ajoutent ainsi quelques informations précises sur ces *ruptures d'adhérence dans des séries normales* liasiques et jurassiques au contact plus ou moins direct du Trias très froissé qu'elles couvrent. Dans les compartiments des Chaînes Provençales que j'ai considérés, cette différence de style tectonique comporte, on l'a vu, quelques variantes, mais les déplacements horizontaux qui l'ont rendue apparente sont demeurés de faible amplitude.

GÉOLOGIE. — *Les relations entre la zone du Flysch dans l'Embrunais et la Nappe du Briançonnais.* Note de M. **D. Schneegans**, transmise par M. Ch. Jacob.

J'ai montré [1] que la *cicatrice* de Jausiers et celle que l'on suit depuis l'Escouréous jusqu'au vallon de Crévoux, sur la gauche de la vallée de la Durance, sont occupés par des terrains secondaires à faciès briançonnais.

Ces cicatrices s'appuyent sur les *écailles externes* de la Nappe de l'Ubaye

---

[1] *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 1405-1407.

(celles du Morgon, du Haut Verdon et du Lac d'Allos, pli du Caire, les Séolanes, le Chapeau de Gendarme, etc.). L'enveloppe nummulitique des écailles est essentiellement formée de *Flysch noir* (¹) à Fucoïdes, souvent envahi par des grès micacés (*Flysch gréseux*) ou des calcaires en plaquettes (*Flysch calcaire*). Là où les terrains secondaires font défaut dans ces écailles, un *coussinet* de Flysch noir, violemment broyé, s'intercale entre l'autochtone (*terres noires*) et la Zone du Briançonnais. J'en ai observé à la base de la cicatrice de Jausiers. Localement ce Flysch noir se distingue très difficilement des terres noires autochtones.

Un immense manteau de *Flysch à Helminthoïdes* (²) recouvre les terrains secondaires des cicatrices. Ce faciès occupe à lui seul la plus grande partie de la Zone du Flysch, d'après l'examen des contours d'É. Haug sur la Feuille Gap au 1/80000ᵉ.

A l'Est, le Flysch à Helminthoïdes enveloppe les plis de la Zone du Briançonnais, au Sud-Est de Risoul. Entre le Col de Vars et Saint Paul, une lame très épaisse de Flysch noir vient se substituer à lui. Il est probable que dans le synclinal de Fouillouse, le Flysch à Helminthoïdes s'engage entre deux anticlinaux de la Nappe du Briançonnais. Mais actuellement nous ne possédons pas encore de données précises sur cette région. Dans la vallée de l'Ubayette par contre, de nombreuses observations suggèrent que les terrains briançonnais viennent plonger normalement sous la couverture de Flysch. Au Sud-Est de Barcelonnette, Mᵐᵉ Y. Gubler a montré que le Flysch à Helminthoïdes coiffe les écailles briançonnaises égrénées sur la crête depuis le Queyroun jusqu'au Gerbier. Ces écailles se relient vers le N avec la cicatrice de Jausiers.

Dans les environs de Réallon, plusieurs courses avec M. Gignoux étendent mes investigations sur la rive droite de la Durance. La cicatrice observée à l'Est de cette rivière se prolonge sur le versant d'Embrun à la base du Mont Saint-Guillaume, en direction de Réallon. Elle fait apparaître, ici encore, des terrains secondaires à faciès briançonnais. A l'Ouest

---

(¹) D'âge sans doute bartonien, comme le propose Mᵐᵉ Gubler; mais de nombreuses observations témoignent d'une continuité de sédimentation à partir du Lutétien, où des calcaires en plaquettes contiennent déjà localement des Helminthoïdes.

(²) L'âge ludien de ce complexe est admis par les géologues italiens (Franchi, Zaccagna, etc.). Cette opinion paraît justifiée par le fait qu'à tous les niveaux on y trouve des grès grossiers pétrographiquement très voisins des grès d'Annot du Priabonien autochtone. Ces grès deviennent prépondérants dans le Flysch à Helminthoïdes des environs de Réallon.

de Réallon, elle *se gonfle* brusquement, comme c'est aussi le cas dans l'Escouréous au Nord de l'Ubaye. D'imposantes montagnes de calcaires, telles que Chabrière, la Pousterle, les Parias, surgissent inopinément du manteau de Flysch. É. Haug considérait ces lambeaux de terrains secondaires comme des plis plongeants issus de la zone du Briançonnais et engagés partiellement dans le Flysch de la Nappe de l'Embrunais. Nous avons constaté que la grande masse de Flysch à Helminthoïdes qui prolonge celle de la rive gauche de la Durance *est supérieure à ces écailles et non pas inférieure, comme le croyaient Haug et Boussac*. En dessous des écailles briançonnaises, nous avons reconnu des lames de terrains secondaires, à faciès plus externes, emballées dans du Flysch noir. Ce dernier constitue, ici comme dans la cicatrice de Jausiers, un *coussinet* à la base de la Nappe. A partir du Piolit, le Flysch noir occupe le bord externe de la Nappe de l'Ubaye et se développe largement dans le vallon d'Ancelle et dans les environs d'Orcières. MM. Gignoux et Moret ont étudié avec précision la prolongation des lames de Flysch noir vers le Nord-Est, en direction du Col de Val-Haute. Ils ont montré [1] que ces lames étaient pincées entre les Grès d'Annot autochtones et l'alignement des copeaux de calcaires mésozoïques de la Montagne d'Aoûste (éléments externes de la singulière cicatrice du vallon du Couleau, dont l'étude serait à reprendre).

La disposition des faciès du Flysch dans l'édifice complexe qu'est la Nappe de l'Ubaye ou Zone de l'Embrunais peut être résumée comme suit :

1° *Le Flysch à Helminthoïdes forme le remplissage d'un vaste synclinal* poussé vers l'Ouest, qui embrasse la plus grande partie de l'Embrunais et *dont les deux flancs appartiennent à la Zone du Briançonnais*. Comme l'a déjà suggéré Mme Y. Gubler, les terrains secondaires à faciès briançonnais de la région de Larche, constituent le flanc supérieur plus ou moins décollé de ce synclinal. Son flanc inférieur est constitué par les écailles de terrains secondaires des *cicatrices*, témoins très étirés de plis couchés frontaux de la Zone du Briançonnais.

2° *Le Flysch noir occupe les portions marginales de la Zone de l'Embrunais*. A l'Ouest, il forme l'enveloppe nummulitique très laminée des écailles externes de la Nappe de l'Ubaye et la bordure externe de celle-ci entre Orcières et le Col de Val-Haute. A l'Est, il occupe les synclinaux des régions internes du Briançonnais (Massif de la Font Sancte et de Panestrel, région d'Escreins), où sa présence a été reconnue surtout par W. Kilian et F. Blanchet.

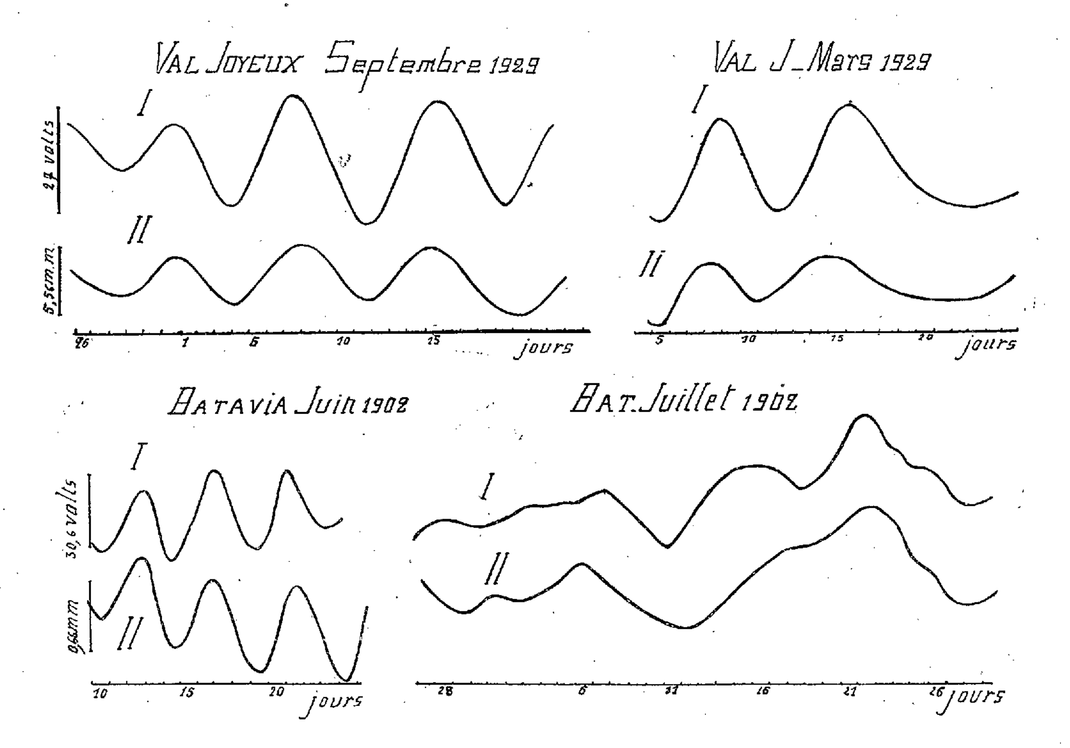
---

(1) *C. R. som. de la Soc. géol. Fr.*, 1931, p. 245 à 247.

ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE. — *Gradient de potentiel électrique et pression atmosphérique*. Note de M. **R. Guizonnier**, présentée par M. Maurain.

Une relation importante entre le gradient de potentiel électrique et la pression atmosphérique est mise en évidence par le parallélisme que manifestent certaines variations de ces éléments au cours du temps.

Les grandeurs examinées sont, d'une part, l'amplitude A de la composante diurne du gradient de potentiel en différentes stations, d'autre part, la pression moyenne diurne H aux mêmes stations.



a. Il a été isolé, jour par jour, la composante diurne du gradient de potentiel par une méthode déjà indiquée [1] à partir des valeurs horaires des stations de Val Joyeux (Paris) et Batavia.

L'amplitude de cette composante a été portée en courbe afin d'étudier

---

[1] *Comptes rendus*, **195**, 1932, p. 1299.

les variations qu'elle présente d'un jour à l'autre. Les graphiques obtenus montrent des variations, soit irrégulières, soit à allure plus ou moins périodique et offrent un certain parallélisme avec les courbes correspondantes de la pression atmosphérique moyenne. Si l'on effectue sur les deux séries de tracés des combinaisons destinées à supprimer les irrégularités ou à favoriser certaines périodes déjà apparentes, les nouveaux graphiques relatifs au gradient et à la pression présentent entre eux une similitude frappante. Ce résultat a été obtenu dans *tous* les cas étudiés. La figure en donne quelques exemples.

Toutes les courbes (I) concernent le gradient de potentiel et les courbes (II) la pression atmosphérique. On voit que *les maxima et les minima se produisent aux mêmes époques pour l'amplitude de la composante diurne du gradient de potentiel et la pression atmosphérique moyenne.*

Au Val Joyeux, en septembre 1929, à une variation de 1^{mm} correspond une variation d'amplitude de 6 volts, à Batavia, en juin 1902, à 1^{mm} correspondent 44 volts.

b. Le même parallélisme se retrouve en considérant les variations annuelles de A et de H. Dans ce cas, l'analyse a porté sur les valeurs horaires mensuelles du gradient de potentiel et a fourni les amplitudes correspondant à chaque mois; à partir de ces dernières données et des valeurs mensuelles de la pression, il a été calculé la variation annuelle des deux éléments. *Ceux-ci présentent une marche annuelle parallèle, les maxima coïncident entre eux, ainsi que les minima.*

L'étude a porté sur les stations du Val Joyeux, de l'Ebre, de Samoa et de Batavia pour des ensembles de trois à six années consécutives.

Aux stations de Val Joyeux, de l'Ebre, de Batavia, les maxima ont lieu en décembre-janvier, les minima en juin-juillet; à Samoa les maxima ont lieu en juillet, les minima en janvier.

Dans le cas des stations de Val Joyeux et de l'Ebre l'écart d'amplitude moyenne annuelle est d'environ 14,3 volts, celui de la pression atmosphérique $2^{mm},2$.

CHIMIE AGRICOLE — *Sur la solubilité des composés cuivriques des bouillies anti-cryptogamiques.* Note de M. J. **Ribéreau-Gayon**, présentée par M. P. Viala.

Les réactifs ne donnent sur cette solubilité aucune indication lorsqu'elle est très faible, ou lorsqu'il s'agit de composés très peu dissociés; en tout cas les méthodes chimiques ne peuvent donner que la concentration en cuivre total d'une solution et nullement celle des ions cuivre libres qui peut être beaucoup plus faible que la précédente et dont l'importance est vraisemblablement très grande dans la toxicité des boullies cuivriques.

La méthode électrométrique paraît répondre à cette question. Une pile de concentration est constituée en réunissant, par un pont de SO^4K^2 décinormal, deux béchers dont l'un contient du SO^4Cu décinormal et l'autre une bouillie bordelaise, préparée par addition d'eau de chaux, jusqu'au virage de la phtaléine, à une solution décinormale de SO^4Cu (soit 1,25 pour 100 de sulfate), ou une bouillie bourguignonne préparée par addition de CO^3Na^2 à cette même solution jusqu'au même virage. Dans chacun des béchers est immergée une électrode de cuivre pur ou amalgamé, soudée à un fil de platine.

La force électromotrice de cette pile à 18° est 0,255 volt dans le premier cas et 0,170 volt dans le second. A partir de ces données le calcul donne pour la concentration des ions cuivre, exprimée en milligrammes par litre, respectivement $2,2.10^{-6}$ et $1,8.10^{-3}$.

La concentration des ions cuivre serait donc de l'ordre du millionième de milligramme par litre dans la bouillie bordelaise et mille fois plus élevée dans la bouillie bourguignonne.

Si les secondes « brûlent » parfois les jeunes feuilles sans que cet effet puisse être attribué aux sels solubles, il faut vraisemblablement l'attribuer à cette différence. En outre, la concentration dans la bouillie obtenue en versant SO^4Cu dans CaO (bouillie inversée) est exactement la même qu'en versant CaO dans SO^4Cu. Enfin une solution décinormale de SO^4Cu additionnée d'acide citrique et de soude a donné une concentration en ions cuivre encore plus faible que dans la bouillie à la chaux bien que la totalité du cuivre y soit dissous; il est engagé dans le complexe cupricitrate.

La méthode électrométrique a été contrôlée et a donné des résultats tout à fait satisfaisants en comparant des solutions de SO^4Cu de plus en plus diluées, normale à millinormale. On disposait toujours dans la bouillie deux électrodes de cuivre qui donnaient sensiblement le même chiffre. Le cuivre amalgamé donne des potentiels plus stables que le cuivre pur et plus faciles à mesurer comme des travaux antérieurs

l'ont déjà signalé (Newbery). La méthode n'est pas applicable, sauf peut-être à l'abri de l'air, à la neutralisation par NH^3, ou lorsqu'une solution, très peu concentrée, ne contient pas le réactif insolubilisant (suspension de CuO par exemple), l'immersion de l'électrode introduisant des traces de cuivre.

Lorsqu'on neutralise progressivement le SO^4Cu par CaO ou CO^3Na^2 la concentration des ions cuivre diminue d'abord très peu, puis brusquement au voisinage du point neutre, très peu ensuite même pour des additions importantes.

Si l'on acidifie progressivement le filtrat des suspensions précédentes, la force électromotrice diminue d'abord lentement, puis brusquement au voisinage du point neutre pour atteindre vers pH 6 des valeurs, ne diminuant plus au delà et correspondant à quelques milligrammes d'ions cuivre par litre pour l'une et l'autre bouillie, dépendant d'ailleurs de la proportion de base ajoutée.

Tout se passe, en somme, comme si la bouillie à la chaux renfermait dans sa solution à peu près autant de cuivre que la bouillie au CO^3Na^2, mais beaucoup moins ionisée. Le cuivre en solution dans une bouillie bordelaise alcaline serait presque totalement engagé dans des complexes, détruits par acidification (CO^2, contact avec les feuilles et peut-être les zoospores) et entraînable par les pluies en même temps que les composés solubles responsables de leur formation, à la faveur desquels les composés cuivriques subiraient ainsi cette dissolution appréciable; au point de vue toxique, ces complexes agiraient comme réserve d'ions cuivre capable de tuer les zoospores en créant un milieu défavorable ou par simple absorption, soit directement, soit par l'intermédiaire des feuilles où ils peuvent s'accumuler, aussi faible que soit leur concentration (*C. R. Ac. Agricult.*, 10 mai 1933).

L'existence de ces complexes est conforme aux observations suivantes : la bouillie précédente au CO^3Na^2 filtrée donne avec Na^2S une coloration sensible; la bouillie à la chaux récemment préparée également; mais après quelque temps, elle ne donne plus de coloration à moins d'acidification préalable; ces colorations correspondaient à quelques milligrammes par litre.

Si maintenant on acidifie progressivement la bouillie entière jusqu'au voisinage de pH6 la concentration des ions cuivre n'est pas plus élevée que dans le filtrat seul mais au delà elle augmente rapidement,

Dans ces expériences la bouillie à la chaux « inversée » se comporte encore exactement comme la bouillie normale; par conséquent si leur efficacité contre le mildiou est différente, on ne peut attribuer ce fait a une différence de solubilité des composés formés.

On conçoit le grand intérêt pratique qu'il y aurait à étudier de près ces phénomènes en fonction notamment de l'acidité réalisée sur les feuilles, de la présence CO^2, des lixiviations, et à connaitre en même temps l'importance de l'absorption du cuivre par les feuillles et les zoospores du mildiou en fonction des concentrations réalisées et de l'acidité.

Les composés cuivriques des bouillies anti-cryptogamiques ne peuvent en aucune manière être considérés comme rigoureusement insolubles.

ZOOLOGIE. — *Sur quelques différences sexuelles chez le Crabe* Pachygrapsus marmoratus. Note (¹) de M. **Charles Pérez**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

J'ai déjà signalé à plusieurs reprises, chez divers Crustacés Décapodes, l'existence de détails morphologiques de taille minime, mais d'une rigoureuse fixité et qui fournissent notamment des caractères sexuels extrêmement précis. J'en donnerai un nouvel exemple, relatif cette fois à un Crabe, le *Pachygrapsus marmoratus* (Fabricius).

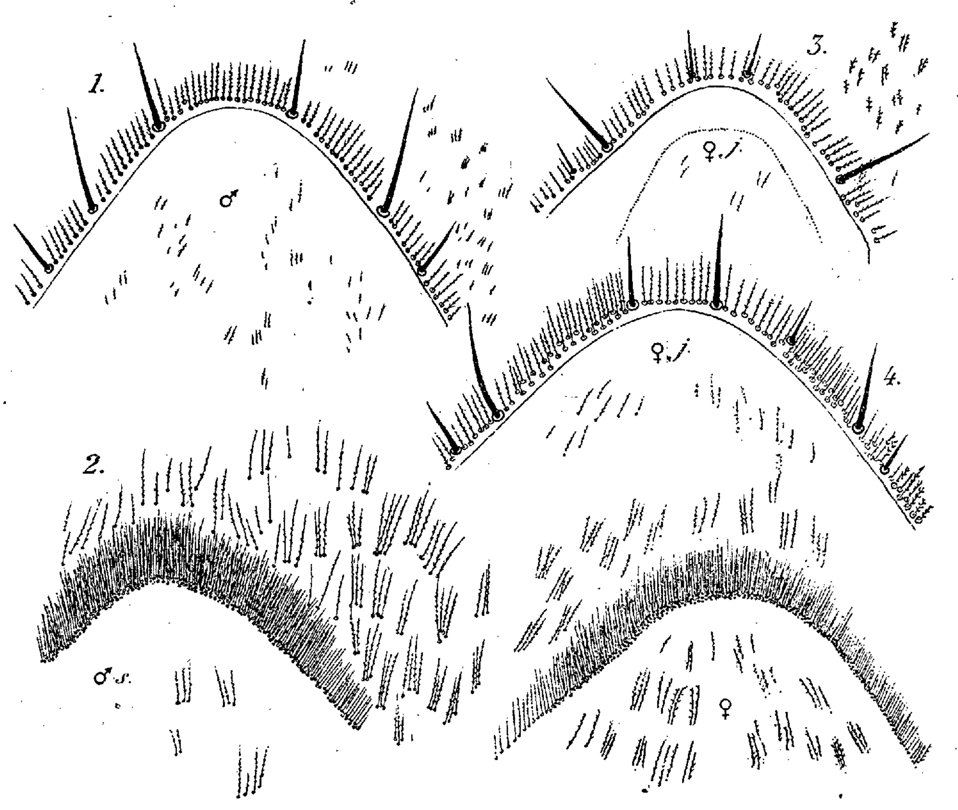
Chez les mâles, suivant la règle ordinaire des Brachyures, l'abdomen est de forme triangulaire aiguë; il est reçu en adduction dans un sillon profond qui déprime la région médiane du plastron thoracique et maintenu accroché en exacte coaptation par deux pressions, boutonnées sur deux saillies correspondantes portées par les sternites des secondes pattes. Vers l'avant, la dépression où vient se loger le telson se raccorde au plastron des chélipèdes par une arête bien marquée (*fig.* 1), dessinant un angle mousse, en forme de V renversé, ouvert à 63° environ. Immédiatement en avant de cette ligne court, parallèlement à elle, une frange dressée de petites soies plumeuses, insérées à peu près exactement sur un seul rang, et où s'intercalent, en position assez fixe, quelques grandes soies aciculaires.

Chez les femelles arrivées à la forme parfaite (*fig.* 5), les sternites thoraciques sont déprimés, des régions latérales vers la région médiane, en pente douce continue, sans aucune arête marquée. Sur un V de situation homologue, mais ouvert à 83°, le plastron des chélipèdes porte une frange de soies plumeuses, notablement plus longues, plus souples, insérées sur trois ou quatre rangs et où ne s'intercale aucune soie aciculaire. Les soies disséminées par groupes sur le reste du sternite s'opposent aussi, par leur longueur et leur souplesse laineuse, aux soies courtes et raides du mâle.

Au cours de leurs premiers âges, les jeunes femelles ont l'abdomen aigu, boutonné au thorax comme chez les mâles. Pendant toute cette période juvénile, la frange de soies du V sternal s'enrichit peu à peu (*fig.* 3 et 4) en même temps que son angle s'ouvre; mais elle reste invariablement du type mâle, bordée en arrière par une arête linéaire et conservant en

(¹) Séance du 10 juillet 1933.

position fixe ses grandes soies aciculaires. C'est à la mue de puberté que s'opère la brusque transformation en type femelle : suppression simultanée des soies aciculaires et de l'appareil d'accrochage qui retenait l'abdomen boutonné. En même temps disparaît aussi une grande soie aciculaire, portée sur le sternite correspondant à la seconde patte. Elle est, si l'on peut dire, remplacée par une soie de même nature poussant au bord postérieur du sixième segment du pléon. Des soies aciculaires s'ajoutent aussi au bord brusquement élargi du telson.



Pachygrapsus marmoratus. Région du V sternal : 1, mâle normal; 2, mâle sacculiné, × 13; 3, jeune femelle de 5^{mm}, × 40; 4, jeune femelle de 12^{mm}, × 25; 5, femelle parfaite, × 13.

On sait que le parasitisme par les Rhizocéphales a souvent pour effet, chez les mâles, de modifier plus ou moins la forme de l'abdomen, en la rapprochant du type femelle. Il en est fréquemment ainsi pour les mâles de *Pachygrapsus* porteurs d'une Sacculine. La féminisation se manifeste alors chez eux, non seulement par l'élargissement de l'abdomen, mais aussi par

la disparition de l'apppareil d'accrochage et par la transformation complète de la frange du V sternal (*fig.* 2); celui-ci devient plus ouvert, les soies plus longues sont insérées sur plusieurs rangs; il n'y a plus de soies aciculaires. Le telson élargi présente à son bord quelques soies de ce type et parfois même on peut constater la poussée de la soie aciculaire femelle au sixième segment du pléon.

On professe généralement que les Rhizocéphales sont sans action modificatrice chez les femelles. Dans le cas du *Pachygrapsus*, la comparaison d'individus sacculinés ou indemnes deux à deux de même taille révèle que la Sacculine féminise, si l'on peut dire, les jeunes femelles en leur donnant, par rapport à leur taillle, une avance de précocité dans l'évolution de leurs caractères différentiels.

ENTOMOLOGIE. — *Une araignée domestique africaine :* Plexippus paykulli, *ennemie naturelle des Stegomyia, hôtes des maisons.* Note de MM. **C. Mathis** et **L. Berland**, présentée par M. E. Bouvier.

Procédant à Dakar à des élevages de Stegomyia (*Aëdes ægypti*), nous nous aperçûmes un jour que le nombre des individus ailés étaient loin de correspondre à la quantité de larves placées dans les cristallisoirs des cages. Cependant à Dakar, comme du reste, dans toute l'Afrique occidentale française, les Stegomyia trouvent toutes les conditions requises pour s'y développer en abondance. On sait que ce moustique est le moins exigeant de tous et que son élevage, même dans les laboratoires d'Europe, réussit toujours.

Nous recherchâmes donc quelle pouvait être la cause de la diminution croissante dans nos cages des insectes ailés, lorsque nous finîmes par apercevoir, à l'affût sur les parois grillagées, une petite araignée qui s'enfuit à notre approche et disparut. Elle revint peu après et nous pûmes constater qu'elle se précipitait sur le moustique, au moment où celui-ci se posait sur le grillage et qu'elle réussisait à le saisir à travers les mailles métalliques, à l'aide de ses chélicères pour le sucer entièrement.

Nons crûmes d'abord pouvoir protéger nos élevages en plaçant les cages sur une table dont les pieds baignaient dans de petits récipients remplis de pétrole, mais ce mode de protection se montra insuffisant car les araignées atteignirent néanmoins les cages en se laissant tomber du plafond. Nous constatâmes, en outre, la présence de pontes d'araignées dans les mailles

des grillages mais nous n'avons pu suivre l'éclosion des œufs. Finalement, pour protéger nos élevages, nous enveloppâmes nos cages dans des sacs en gaze de mousseline afin d'empêcher les araignées de venir au contact des parois métalliques.

L'espèce dont il s'agit est *Plexippus paykulli* (Aud.); cosmopolite, elle se trouve dans tous les pays tropicaux. Il est particulièrement intéressant de signaler qu'elle fut jadis décrite de Java sous le nom suggestif de *Salticus culicivorus* par Doleschall, ce naturaliste ayant remarqué que, dans les maisons, elle se livrait à la chasse des moustiques. On a reconnu depuis que le nom d'Audouin avait la priorité; mais ces deux observations faites à des époques et lieux aussi séparés dans le temps et dans l'espace, semblent montrer que le *P. paykulli*, bien que polyphage, a une prédilection pour les moustiques.

Cette espèce est commune à Dakar. Pour en avoir facilement, il faut la chercher au voisinage des fenêtres, où elle se tient à l'affût pour capturer les mouches qui viennent se poser sur les vitres. On la trouve aussi dans les coins sombres, où elle fait la chasse aux insectes qui recherchent l'obscurité.

Cette particularité nous a amenés à penser que cette araignée pourrait être un auxiliaire utile pour la destruction des Stegomyia femelles adultes qui, pour digérer leur repas de sang, se réfugient derrière les meubles et dans les endroits obscurs des maisons et des cases.

Comme elle est inoffensive pour l'homme, non seulement il faut éviter de la détruire, mais encore il faudrait pouvoir en faciliter la reproduction. Malheureusement l'élevage des araignées en captivité est difficile à réaliser. Si l'on pouvait y parvenir, on aurait alors la possibilité d'en distribuer à volonté pour les répandre dans les habitations.

La prophylaxie de la fièvre jaune repose essentiellement dans la destruction des Stegomyia. Cette lutte doit être incessante et permanente. Cependant malgré tous les soins que les Services d'hygiène apportent à détruire ces insectes, au cours de leur phase aquatique, on n'est jamais assuré que quelques individus n'arriveront pas à la phase ailée. Or, à ce stade, les Stegomyia sont difficiles à atteindre. Les araignées de l'espèce *Plexippus paykulli* étant susceptibles d'aller les pourchasser dans leurs repaires les plus inaccessibles, peuvent jouer, par suite, un rôle important dans la lutte antiamarile.

BIOLOGIE. — *Observations sur les affinités trophiques existant entre les larves de* Leptinotarsa decemlineata *et les plantes de la famille des Solanées.* Note (¹) de MM. **B. Trouvelot, Lacotte, Dussy** et **Thénard**, présentée par M. P. Marchal.

Les larves du *L. decemlineata* ne se rencontrent dans la nature que sur un petit nombre de plantes appartenant à la famille des Solanées (²).

Des essais comparatifs, faits en contaminant artificiellement avec des jeunes larves des plantes de cette famille isolées en plein air, ont donné les résultats suivants.

Les plantes sur lesquelles les larves ont présenté les stationnements les plus marqués en même temps qu'une alimentation et une rapidité de croissance aux degrés les plus élevés, sont les *S. marginatum* et *S. stramonifolium*. Très près d'elles, se placent les *S. cornutum*, *S. dulcamara*, *S. gilo*, *S. andigenum* et *S. rostratum*, ce dernier végétal étant la plante hôte primitive de l'insecte.

S. tuberosum, la plante nourricière la plus commune, est caractérisée par des stationnements larvaires relativement moins bons et souvent par des croissances moins rapides. *S. laciniatum* et *S. etuberosum* se placent à côté.

La durée de développement s'allonge avec *S. pyracanthum*, *S. Balbisii* et *S. heterodoxum*. Elle reste courte, mais la mortalité des jeunes larves est élevée, pour *S. atropurpureum*. Sur *S. ciliatum* et *S. Caldasii* (forme tubérifère), les jeunes larves présentent simultanément un stationnement défectueux et une alimentation de faible intensité.

Les plantes n'ayant permis, en plein air, que des développements larvaires partiels sont *S. mammosum*, *S. demissum* var. *klotzkii*. Élevées sur les espèces *Commersonii*, *bonariense*, *Cervantesii*, *robustum*, *guineense*, *auriculatum* et *aviculare*, les larves s'alimentent quelques jours mais périssent sans avoir atteint la moitié de la taille normale. *S. Hendersonii*, *S. capsicastrum*, *S. memphiticum*, *S. nodiflorum* et *S. Roberti-eliæ*, ne per-

---

(¹) Séance du 3 juillet 1933.

(²) A. Gibson, R. O. Corham, H. F. Hudson and A. Floch, *The Colorado potato beetle in Canada* (Ottawa, 1925); J. Feytaud, *Recherches sur le Doryphore* (*Ann. Epiphyt.*, **16**, 1930, p. 338).

mettent à la fois qu'une alimentation très faible et qu'une croissance peu sensible (*S. demissum* et *S. Commersonii* sont tubérifères).

Aucune croissance appréciable des larves n'a été observée, malgré de légers prélèvements alimentaires, sur les *S. insulæ-paschalis*, *S. radicans*, *S. pseudocapsicum* et *S. nigrum*. *S. aculeatissimum* et *S. Rantonetti* sont délaissés sans morsure par les jennes larves.

Sur les pieds des mêmes plantes non isolés mais groupés ensemble sous de grandes cages communes, il y a accentuation dans la manifestation de certains caractères biologiques : les plantes permettant les stationnements les meilleurs (*S. marginatum*, *S. stramonifolium*, *S. dulcamara*, etc.) sont l'objet d'une véritable concentration des larves; au contraire, celles peu favorables au stationnement (*S. Caldasii*, *S. ciliatum*, *S. aculeatissimum*, *S. capsicastrum*, *S. nigrum*, etc.) sont très promptement délaissées.

Le classement indiqué n'assigne pas aux plantes des places obligatoirement fixes; pour chaque végétal, ces places varient, au sein de zones limitées suivant les conditions de milieu, l'âge des plantes et la partie végétale contaminée.

Dans le genre *Datura*, l'espèce *ferox* subit les attaques les plus vives; au contraire, le *Datura* double d'Égypte est délaissé par l'insecte. Entre ces deux extrêmes se placent *D. sanguinea* et *D. metaloidea*.

Dans le genre *Nicotania*, les espèces *affinis*, *sandere*, *polydiclia quadrivalvis*, *sandere petunoides*, conduisent à des développements larvaires complets; le *N. rustica saufi* s'est caractérisé par des attaques de courte durée et de faible superficie. *N. tabacum* var. Paraguay, *N. sylvestris*, *N. glauca* et *N. paniculata* sont délaissés.

Des faits relevés découlent trois conclusions principales :

Si l'on classe les formes du genre *Solanum* d'après le degré des affinités existant entre les plantes et le *L. decemlineata*, l'échelonnement que l'on observe est continu, si bien que l'on peut passer par d'insensibles transitions des plantes attaquées par l'insecte aux plantes délaissées par celui-ci. Les mêmes phénomènes se retrouvent dans d'autres groupes de la famille des Solanées.

Des différences notables de sensibilité aux attaques du *L. decemlineata* s'observent au sein du groupe des *Solanum* tubérifères en tenant compte, à côté des formes cultivées en Europe, de celles demeurées sauvages en Amérique du Sud.

Si l'on ne peut déduire de ces considérations qu'il sera possible d'obtenir des formes tubérifères comestibles et productives moins sensibles aux

atteintes du *L. decemlineata* que celles actuellement cultivées, il n'en est pas moins vrai que les faits qui viennent d'être rapportés autorisent l'entreprise de nouvelles recherches orientées dans cette voie.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Contribution à l'étude de l'amidon. Sur de nouveaux esters obtenus par cinnamylation.* Note (1) de MM. **W. S. Reich** et **A. F. Damansky**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

L'un de nous (2) a donné une méthode douce d'estérification qui permet d'obtenir des esters cinnamiques à partir du glycogène.

Nous avons appliqué cette méthode à l'estérification de l'amidon, en vue de comparer, par l'étude d'autres esters, les résultats que nous avons obtenus par l'acétylation (3).

Il s'est montré que l'estérification de l'amidon, par introduction des groupements cinnamyles à l'aide de la méthode rappelée plus haut, s'accomplit avec une grande facilité. La réaction se poursuit dans un milieu rigoureusement exempt d'eau et d'acide libre et le rendement en dérivés estérifiés est de 95 à 100 pour 100 du rendement théorique.

Les courbes suivantes montrent la marche de la réaction.

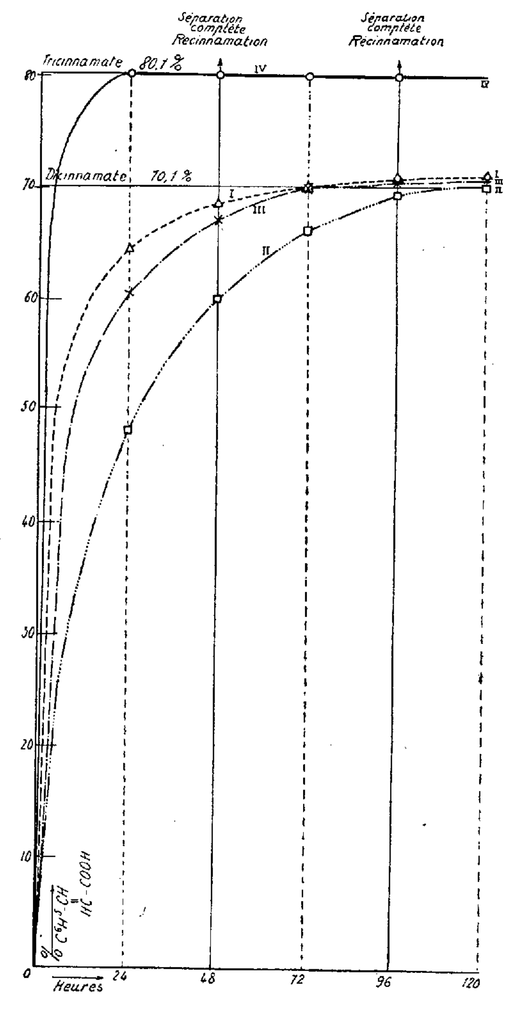
Par cinnamylation on aboutit, comme par l'acétylation douce (3), en partant de l'*amidon naturel* à un dérivé *di*-estérifié, et en partant de l'*amylose* à un dérivé *tri*-estérifié. L'*amylopectine* se comporte également cette fois comme la matière fondamentale du grain d'amidon, c'est-à-dire qu'elle aboutit à un *di*-cinnamate.

Par la saponification du *tri*-cinnamate (dans l'alcool méthylique rigoureusement sec, à 0°, avec 0,1 pour 100 de méthylate de sodium comme catalyseur), on obtient de l'*amylose*, tandis que par la saponification du *di*-cinnamate on aboutit à un produit qui se comporte comme la matière fondamentale de l'*amidon naturel*.

Nous avons étudié la transformation que subit la matière fondamentale du grain d'amidon par chauffage dans l'eau. Après chauffage d'une suspension de 3 pour 100 de substance primitive (fécule de pommes de terre, amidon de maïs ou amylopectine) dans l'eau, l'empois formé était précipité

(1) Séance du 10 juillet 1933.
(2) W. S. Reich, *C. R. Soc. Biol.*, **113**, 1933, p. 1134.
(3) *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1610.

par l'alcool, lavé et desséché. La récupération du produit était quantitative. Le produit récupéré était ensuite soumis à l'estérification.



Marche de la cynnamylation à 75°.

I, fécule de pomme de terre (Groult) ; II, amidon de maïs ; III, amylopectine (préparé d'après Samec) ; IV, amylose (préparé d'après Samec).

On a obtenu aux dépens du produit chauffé dans l'eau pendant 30 minutes à 90° un mélange de di- et de tricinnamates, qui ont pu être séparés quantitativement en utilisant l'insolubilité du dicinnamate dans le chloroforme. Le rendement du tricinnamate a été de 47 pour 100 et celle du dicinnamate de 52 pour 100.

Dans un autre cas le chauffage dans l'eau de la même suspension a été prolongé pendant deux heures, et le rendement en tricinnamate a été de 90 pour 100, celui du dicinnamate de 10 pour 100.

On voit donc que parallèlement au temps de chauffage dans l'eau, la matière fondamentale du grain d'amidon se transforme progressivement en amylose.

Il est à remarquer que le tricinnamate d'amylose a un pouvoir rotatoire gauche $[\alpha]_D^{22°} = -187°$ (chloroforme), tandis que l'amylose, ainsi que le triacétate d'amylose ont un pouvoir rotatoire du même ordre de grandeur, mais droit : $[\alpha]_D^{22°} = +186°$.

En saponifiant le tricinnamate on obtient l'amylose avec son pouvoir rotatoire normal, droit.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Synthèse biochimique d'esters gras de quelques cyclohexanols.* Note de MM. **L. Velluz** et **P. Sauleau**, présentée par M. A. Desgrez.

Ainsi qu'il est connu, le cytoplasme de la graine du Ricin, activé dans certaines conditions (1), possède la propriété de synthétiser rapidement un mono ou un dioléide à partir d'acide oléique et de glycérol. Cette synthèse s'effectue dans un milieu fortement hétérogène : ferment insoluble, phases liquides non miscibles. Or 55 pour 100 de l'acide mis en œuvre sont estérifiés en quelques heures et la loi d'action de masse peut y être vérifiée (2).

En vue de généraliser cette intéressante réaction de synthèse, nous nous sommes adressés à quelques alcools secondaires cyclohexaniques : cyclohexanol; 1.2-méthylcyclohexanol (Eb. 165°-166°); 1.3-méthylcyclohexanol (Eb. 172°-173°); 1.4-méthylcyclohexanol (Eb. 172°); 1.3.4.diméthylcyclohexanol; 1.2-cyclohexanediol (F. 76°); 1.3-cyclohexanediol; 1.4-cyclohexanediol (F. 102°). Le choix de ces alcools permettait d'étudier l'influence, sur la réaction diastasique, de certaines substitutions dans le noyau hydroaromatique.

Le mode opératoire a été le suivant : à partir de graines de Ricin décor-

(1) A. Morel et L. Velluz, *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 43.
(2) L. Velluz, *Bull. Soc. Chim. biol.*, 10, 1928, p. 1213.

tiquées et très finement broyées, le ferment a été obtenu d'après la technique d'Amstrong et Gosney [1]; déshuilage partiel à l'éther de pétrole puis à l'éther éthylique, activation par l'acide acétique décinormal, dessiccation dans le vide sulfurique. Cent grammes de graines pulpées ont ainsi fourni 24^g à 25^g de ferment. L'alcool et l'acide gras ont été mélangés dans la proportion de 1^{mol} d'alcool pour 1 ou 2^{mol} d'acide (selon qu'il s'agissait de cyclohexanols ou de diols). A 10^g de ces mélanges on a ajouté 1^g ou $1^g,50$ de ferment et le tout a été soumis à une agitation lente, à la température ordinaire (16°-18°). A intervalles réguliers, on a procédé au dosage acidimétrique.

Pour la plupart des alcools étudiés ici, la synthèse de l'oléide s'est produite. Quoique lente et se poursuivant durant plusieurs jours, elle s'est effectuée avec un rendement notable : 26 pour 100 dans le cas du 1.2-cyclohexanediol, 35 pour 100 pour le diol-1.4, 33 pour 100 dans le cas du cyclohexanol, en 48 heures, et 63 pour 100 après 12 jours. On voit de la sorte que le ferment synthétisant du Ricin, quoique n'estérifiant ni la fonction alcool secondaire du glycérol, ni la plupart des alcools secondaires, estérifie cette même fonction dans un cycle hydroaromatique. Les faits précédents peuvent être reproduits en faisant agir, sur les mêmes cyclohexanols, des acides gras autres que l'acide oléique. Ayant utilisé, à cet effet, des acides gras à chaîne de plus en plus courte, nous avons observé que l'acide caprylique (C^8) estérifiait encore 30 pour 100 du cyclohexanol en deux jours. Or, dans le cas du glycérol, cet acide est le dernier terme pour lequel la synthèse fermentaire se produit, avec un rendement maximum de 12 pour 100. On doit en conclure que la spécificité du ferment de Ricin n'est pas absolue.

Bien différents sont les résultats lorsque le cycle hydroaromatique comporte une substitution, comme c'est le cas pour les méthylcyclohexanols : la réaction de synthèse est alors inhibée, et de façon variable. Tandis que le 1.3-méthylcyclohexanol subit une estérification régulière (33 pour 100), le rendement est inférieur pour l'isomère *para* (24,5 pour 100) et surtout pour l'isomère *ortho* (13,5 pour 100). L'inhibition est encore plus nette pour le 1.3.4-diméthylcyclohexanol dont l'estérification ne dépasse pas 3,3 pour 100.

L'inhibition ainsi constatée pour une synthèse biochimique d'oléides est sans doute en rapport avec l'empêchement stérique. Remarquons qu'elle

---

(1) *Proc. Roy. Soc.* (B), **86**, 1913, p. 586; **88**, 1915, p. 176.

peut expliquer l'inactivité imprévue du ferment de Ricin à l'égard de certains alcools terpéniques (bornéol, menthol, etc.), et surtout du cholestérol.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Perte azotée et inanition protéique.* Note de Mme **Andrée Roche**, présentée par M. A. Desgrez.

Lorsqu'un organisme ne reçoit plus, dans sa ration, l'azote nécéssaire à la couverture de ses besoins, il mobilise celui de ces tissus. Cet azote aurait son origine, selon certains auteurs, dans la dégradation totale d'une protéine musculaire de réserve, et, pour d'autres, dans la dislocation partielle des molécules de la protéine musculaire de constitution. Il faudrait, pour trancher en faveur de l'une ou de l'autre de ces hypothèses, pouvoir provoquer le départ de quantités importantes de l'azote ainsi libérable. On pourrait alors espérer observer des modifications dans la constitution de la protéine musculaire, fait qui apporterait une contribution utile à l'étude du problème envisagé.

Il nous a semblé que l'inanition proétique, poursuivie jusqu'à la mort de l'animal, réaliserait des conditions favorables à une telle observation. Au cours de celle-ci, en effet, l'animal a tous ses besoins converts, à l'exception du besoin azoté; aussi la vie doit-elle se prolonger tant que l'azote peut être fourni par les tissus. La dépense azotée minima, par kg/24 heures, étant sensiblement la même pour un animal donné, considéré dans les mêmes conditions, plus la survie est longue, plus la perte en azote doit être grande.

Aussi avons-nous, dans le présent travail, comparé la grandeur de la perte azotée au cours de l'inanition totale et de l'inanition protéique, nous réservant par la suite de faire une étude comparée de la composition du muscle chez des sujets normaux, chez des sujets morts d'inanition totale ou après un jeûne protéique prolongé. Nos expériences ont porté sur 40 rats dont 21 ont été soumis à l'inanition totale (avec eau *ad libitum*), 19 à l'inanition protéique, et cela jusqu'à la mort [1]. Les bilans azotés sont déterminés tous les deux jours sur les excreta, les quantités de régime ingérées,

---

[1] Le régime des animaux soumis à l'inanition protéique est constitué par : amidon, 70; beurre lavé, 30; mélange salin d'Osborne, 5; sciure lavée, 5; vitamines. Il contient $0^{mg},6$ d'azote par gramme.

de teneur en azote connue, étant pesées. L'ensemble de nos résultats peut être résumé brièvement par le tableau suivant :

	Survie (jours).	Perte en poids (°/₀ du poids initial).	Perte azotée (°/₀ de N total) (1).	Perte en tissu protéique × 100 / Perte en poids
Inanition totale (21 rats)....	2 à 6	30	11 à 20	50 (2)
Inanition protéique (19 rats).	28 à 72	48	23 à 60	50 à 150

Alors que le pourcentage d'azote perdu au cours de l'inanition totale est voisin de 15, au cours de l'inanition protéique, au contraire, il varie de 23 à 60 suivant la taille et la durée de survie de l'animal. Si l'on exprime cette perte azotée en tissu protéique frais, on constate que, chez les animaux totalement inanitiés, la quantité perdue correspond à environ 50 pour 100 de la perte de poids. Chez les rats soumis à l'inanition protéique, au contraire, cette perte en tissu protéique correspondrait souvent à 100 pour 100, et même à 150 pour 100 de la perte de poids subie par l'animal au cours de l'expérience. L'azote excrété par ces organismes ne peut donc pas provenir exclusivement de la désintégration totale d'une protéine tissulaire. Il est permis d'admettre que cette perte se fait grâce au départ de chaînes latérales, acides aminés ou polypeptides simples, départ qui n'altérerait ni la nature protéique de la molécule, ni, de ce fait, son degré d'hydratation.

Conclusions. — Ces expériences sont favorables à l'hypothèse de la désintégration partielle d'une protéine musculaire, dans le cas où le besoin azoté n'est pas couvert par l'alimentation.

Les animaux soumis au jeûne protéique meurent après avoir subi des pertes d'azote beaucoup plus importantes que celles des animaux morts d'inanition totale (avec eau); aussi, l'inanition azotée, poursuivie jusqu'à la mort, réalise-t-elle des conditions expérimentales particulièrement favorables à l'étude de variations possibles dans la composition des protéines musculaires.

(1) La teneur en azote des animaux au début de l'expérience est calculée à l'aide de valeurs moyennes déterminées sur 50 rats environ.

(2) Le tissu protéique correspondant à l'azote perdu est calculé en multipliant la perte d'azote par 6,25 (tissu sec), puis par 5 (tissu frais).

SÉROTHÉRAPIE. — *Cure de régénérescence par la sérothérapie interhumaine.* Note de M. **Pierre Rosenthal** (1).

Le traitement du vieillissement précoce, que nous allons exposer, repose sur les faits cliniques suivants :

Nous avons été affecté, en octobre 1918, à un service de 200 lits, de grands grippés, à l'Hôpital militaire temporaire n° 49, à Orléans.

Les formes broncho-pneumoniques étaient les complications les plus fréquentes et les plus sévères. A l'examen bactériologique, on trouvait dans les crachats de larges traînées de bacilles de Pfeiffer, qui semblaient être les agents pathogènes prépondérants.

Tous les traitements préconisés alors n'empêchaient pas la mortalité de rester grande dans tous les services de grippés à forme broncho-pulmonaires.

Nous avons alors eu l'idée de pratiquer la sérothérapie interhumaine; nous avons choisi un sujet âgé de 22 ans, exceptionnellement vigoureux, convalescent de grippe à forme broncho-pneumonique, et avons prélevé sur lui 10^{cm^3} de sang, le sérum extrait de ce sang a été injecté par la voie intraveineuse à un broncho-pneumonique dont l'état était très alarmant.

Au moment de l'injection, le malade était dans un état de dyspnée intense, le pouls était petit, incomptable, la température 40°,3. Une heure après l'injection, la température monte de 3 dixièmes, les phénomènes cardio-pulmonaires n'ont pas changé. Six heures après l'injection, la température tombe à 38°,7, la dyspnée diminue d'intensité, le pouls s'améliore; la défervescence complète a lieu en 48 heures et le malade fait une convalescence très rapide.

Onze cas très sévères sont traités par la même technique. Le temps et le personnel manquant au laboratoire de bactériologie pour examiner le sang des convalescents donneurs de sérum, surtout au point de vue syphilitique, nous traitons les sérums d'emblée comme suspects, et les stérilisons en ajoutant une petite quantité d'arséno-benzol, environ 1^{cg} par dose de sérum.

Pour déterminer la part possible de l'arsénobenzol, nous l'injectons seul à quelques malades, lesquels ne réagissent aucunement.

---

(1) Extrait du pli cacheté n° 8715, déposé le 8 décembre 1919, ouvert sur la demande de l'auteur, en la séance du 12 juin 1933.

Les sérums, avec ou sans arsénobenzol, ont provoqués, dans les onze cas ainsi traités, une ascension thermique allant jusqu'à 9 dixièmes, et se produisant toujours au maximum 4 heures après l'injection; la défervescence est ensuite rapide, la perméabilité pulmonaire revient extraordinairement vite, la convalescence est abrégée.

Le cinquième malade atteint de grippe broncho-pneumonique traité par nous, est âgé de 42 ans; valet de ferme dans la vie civile, ayant fait une dure campagne, il a l'aspect d'un vieillard.

Nous lui injectons le sérum préparé avec le sang du sujet qui nous a servi pour la première expérience. Le malade guérit très vite, et nous déclare, en insistant, se trouver dans un état beaucoup plus vigoureux qui le ramène au moins à dix ans en arrière.

Quelques essais de sérothérapie (les sujets récepteurs étant de 16 à 20 ans plus âgés que les sujets donneurs) provoquent des déclarations spontanées comparables à celles du cas n° 5.

La puissante action de régénérescence observée plus haut et que nous avons contrôlée sur nous-même, tend à prouver la justesse de la conception de Metchnikoff, qui considère la vieillesse actuelle comme pathologique et prématurée, et à laquelle il oppose l'orthobiose.

CHIMIE MÉDICALE. — *Oxydations intra-tissulaires et bains thermaux carboniques.* Note de MM. **A. Mougeot** et **V. Aubertot**, présentée par M. Achard.

La mesure volumétrique des gaz exhalés, et leur analyse physique et chimique, ont été pratiquées au cours des différents bains thermaux de Royat, le sujet étant muni d'un masque respiratoire étanche à soupapes Tissot, et ne pouvant inhaler que l'air ambiant extérieur à la cabine. Ces recherches, poursuivies avec la précieuse collaboration de Mme Blanquet, nous ont fourni les résultats suivants.

	Ventilation par minute (litres).	Oxygène consommé par minute (cm³).	Radio-activité calculée pour le total des gaz exhalés pendant un bain de 12 minutes (millicrocuries).
Avant	5	150	nulle
Bain eau Eugénie A (moyenne)	8	280	1,93
Bain eau Eugénie B	9	270	6,48
Bain sec gaz Eugénie (moyenne)	9,2	363	4,75
Bain eau Saint-Mart (moyenne)	8,3	250	42,66
Bain sec gaz Saint-Mart (moyenne)	9,2	251	90,27

Il en résulte que pour la première fois nous apportons la preuve de la résorption transcutanée des particules d'émanation, alors que les recherches précédentes de Mache, Meyer, E. Freund, R. Loebel, résumées par Ernst Freund (*Zeitschrift für Kurortwissenschaft*, Aug. 1932), avaient toutes été négatives.

Il en ressort aussi que, comme nous le soutenons depuis longtemps, il se passe dans les bains carbo-gazeux secs ou hydriques une grande activation de la ventilation pulmonaire, et une résorption de proportions considérables de CO^2. Peut-être est-ce précisément le CO^2 résorbé qui sert de véhicule ou d'entraîneur aux particules radioactives qui ne paraissent pas traverser la peau au cours des bains artificiels rendus radioactifs mais non carboniques. Des expériences ultérieures s'appliqueront à résoudre cette question.

Les quantités d'oxygène fixé par les tissus, et par suite les combustions intra-cellulaires, sont très fortement augmentées pendant les divers bains de Royat, et il semble important de le relever, car on ne soupçonnait pas jusqu'ici qu'une pratique thermale externe pût exercer une action aussi profonde sur le métabolisme général, encore que l'effet ne se prolonge pas longtemps après la cessation du bain.

Nous n'avons pas constaté une fixation intense d'oxygène, loin de là, par les tissus, au cours d'expériences conduites avec MM. M. Loeper et André Lemaire, sur des chiens chloralosés, que nous soumettions à des injections intra-péritonéales ou rectales de gaz carbonique. Il semble donc que la radioactivité ajoute à la résorption transcutanée du CO^2 un élément qui favorise les oxydations intra-cellulaires, dans lesquelles l'activité des oxydases joue un rôle essentiel. Dans ces conditions tout se passe comme si la résorption simultanée de gaz carbonique et de gaz émanation exerçait *in vivo* par un phénomène de synergie médicamenteuse une puissante action zymosthénique sur les oxydases, jusqu'ici insoupçonnée.

M. **Marcel Baudouin** adresse une Note intitulée *Preuves matérielles que les Gravures sur Rochers fixes, de la Pierre polie, sont orientées de façon voulue.*

La séance est levée à $15^h 45^m$.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 12 juin 1933.)

Note de M. *Paul Wintrebert*, La détermination tardive, au temps de la gastrulation, du centre organisateur des Amphibiens, démontrée chez le Discoglosse par l'ascension expérimentale de la lèvre dorsale :

Page 1833, ligne 5, *au lieu de* centre organisateur, *lire* centre ordonnateur.

(Séance du 26 juin 1933.)

Note de M. *L. Blaringhem*, L'*habitus*, ou individualité biologique des hybrides d'Hémérocalles (*Hemerocallis flava* L. et *H. fulva* L.) :

Page 1940, ligne 12, *au lieu de* (5306) *c*, *lire* (6306) *c*.

(Séance du 26 juin 1933.)

Note de MM. *Pierre Girard* et *P. Abadie*, Structure des molécules des polyalcools d'après leur dispersion et leur absorption dans le Hertzien. Associations moléculaires :

Page 1997, ligne 20, *au lieu de* d'autant plus lisses que leur masse décroît, *lire* d'autant plus lisses que leur masse croît.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 24 JUILLET 1933.

PRÉSIDENCE DE M. LOUIS BOUVIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Le soufre et le phosphore dans les diverses parties du grain de blé.* Note de MM. **Gabriel Bertrand** et **L. Silberstein**.

En utilisant des méthodes de dosage qui permettent d'atteindre toute la précision désirable (¹), nous avons apporté la preuve que les plantes exigent pour la construction de leurs tissus des proportions de soufre plus grandes qu'on le supposait jusque là et qui, au moment de la floraison, sont très voisines de celles du phosphore (²). Cette notion s'est révélée dans la suite fondamentale pour l'agriculture et l'on ne saurait oublier maintenant que, pour obtenir de bonnes récoltes, les plantes doivent rencontrer dans le sol, à l'état naturel ou ajoutée comme engrais, une proportion de soufre à l'état de sulfates aussi importante que celle du phophore à l'état de phosphates (³).

Nous avons entrepris d'appliquer les mêmes méthodes de dosage à des cas moins généraux et, notamment, à l'étude du grain de blé et de ses produits de mouture. Il a été fait, depuis plus d'un siècle, un nombre assez élevé de déterminations de soufre et de phosphore dans le grain et dans la farine du blé; mais, presque toujours c'est en opérant sur les cendres que l'on a effectué ces déterminations; les pertes en métalloïdes, surtout en

(1) *Comptes rendus*, 189, 1929, p. 886.

(2) *Comptes rendus*, 189, 1929, p. 1045.

(3) Les uns et les autres étant supposés à l'état assimilable. Gab. Bertrand, *Chim. et Ind.*, numéro spécial, mars 1930, p. 519; Gab. Bertrand et L. Silberstein, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1349.

soufre, ont alors été considérables; des expérimentateurs habiles comme Liebig, Bibra, Petzholdt, Bichon, Will et Fresenius, Boussingault, Wolff ont trouvé moins de 1^{dg} et même seulement 2 ou 3^{mg} de soufre par kilogramme de grain, alors qu'il y en a, d'après nos expériences, 1^{g} et demi et davantage [1]. Il pouvait donc être intéressant de revenir sur ces déterminations et de doser avec la précision des méthodes rappelées plus haut le soufre et le phosphore dans le grain du blé et dans les diverses parties que l'on peut en séparer par des moyens mécaniques.

Nous sommes partis d'un mélange composé de :

Blé de pays	82 pour 100
Blé du Danube	6 »
Blé Hard Winter	6 »
Blé du Maroc	6 »

mélange nettoyé et conditionné, tel qu'il arrive dans le moulin, au premier broyeur.

Les dosages du soufre et du phosphore, auxquels nous avons ajouté ceux de la matière sèche à + 100-105° et des cendres, ont porté sur les grains entiers, les sons, les remoulages, la farine et les germes [2].

Le tableau ci-dessous résume les résultats obtenus :

Substances analysées.	Matières sèches.	Pour 100 de matières sèches. Cendres.	Soufre.	Phosphore.	$\frac{S}{P}$.
Grains	87,1	1,92	0,161	0,476	0,338
Son (gros sons)	88,37	7,19	0,123	1,368	0,090
Recoupettes (sons fins)	88,78	6,93	0,131	1,485	0,099
Gros remoulages, ou remoulages bis, ou bâtards	88,67	5,71	0,167	1,239	0,135
Remoulages blancs, ou remoulages fins	88,50	5,03	0,206	1,200	0,172
Farine (à 68,2 °/₀ d'extraction)	87,27	0,72	0,190	0,183	1,039
Germes ou embryons	87,42	5,55	0,231	1,298	0,178

Il ressort des résultats de ce tableau que le soufre et le phosphore sont localisés d'une manière très différente et en quelque sorte inverse dans les parties des grains examinés.

Les *téguments*, dont les sons, gros et petits, sont principalement formés,

---

(1) Gab. Bertrand et L. Silberstein, *Comptes rendus*, **189**, 1929, p. 1045.

(2) Ce mélange nous a été fourni par M. Arpin, ainsi que les produits de mouture et l'échantillon de gluten dont il sera question plus loin.

représentent les parties les plus pauvres en soufre et les plus riches en phosphore.

La *farine*, qui provient des régions les plus centrales de l'amande, est au contraire riche en soufre et la plus pauvre en phosphore.

Les *remoulages*, constitués par les portions périphériques de l'amande et dans lesquels se trouvent encore des débris de téguments, ont une teneur intermédiaire, en soufre et en phosphore, entre les sons et la farine.

Quant aux *germes* qui, au point de vue pondéral, comptent peu dans la composition des grains, ils ont une forte teneur en soufre et en phosphore.

Ces résultats s'expliquent aisément si l'on tient compte, d'une part, de la présence des matières protéiques, non seulement dans l'embryon, mais encore, sous la forme de gluten, dans l'amande; d'autre part, de l'existence de composés phosphorés organiques, du type de la phytine, dans la région interne des téguments et dans les germes.

Pour compléter ces résultats, nous avons analysé le mélange de protéides que l'on extrait de la farine sous forme de gluten ([1]). Non seulement nous y avons dosé du soufre, dans la proportion très voisine de 1 pour 100, qui avait déjà été signalée par divers auteurs ([2]), mais nous y avons trouvé une proportion très notable de phosphore, environ 1/3 pour 100.

On sait que le gluten est formé de deux substances ou plutôt de deux groupes de substances : celui des gliadines et celui des gluténines. Les premières sont plus ou moins solubles dans l'alcool dilué de 60 à 80 pour 100, surtout en présence d'un peu de soude, tandis que les autres sont insolubles dans le même réactif. Nous avons agité de temps en temps 30^{g} de gluten sec, réduit en poudre fine, avec 150$^{cm^3}$ d'alcool à 70°. Après deux jours, le liquide a été filtré, remplacé par un égal volume d'alcool à 70°, laissé deux jours en contact, et ainsi de suite. Les liquides provenant des trois premiers traitements ont été réunis et concentrés dans le vide. Il est resté 3^{g},5 d'extrait sec. C'est extrait s'est montré à l'analyse plus pauvre en soufre, mais plus riche en phosphore que la partie indissoute, ainsi qu'on peut le voir dans le tableau suivant :

Substances analysées.	Matière sèche.	Pour 100 de matières sèches. Cendres.	Soufre.	Phosphore.	$\frac{S}{P}$.
Gluten entier	97,17	0,94	0,926	0,328	2,824
Gluten partie soluble	–	–	0,349	0,505	0,691
Gluten partie insoluble	–	–	1,002	0,304	3,296

([1]) Le rendement de la farine en gluten avait été de 8,97 pour 100.

([2]) S. B. Schryver, *The general characters of the proteins*, Londres, 1909, p. 37; Th. Osborne, *The vegetable proteins*, Londres, 1909, p. 49.

On est ainsi conduit à supposer que le phosphore contenu dans le gluten s'y trouve, au moins partiellement, à l'état de combinaison organique, peut-être sous une forme analogue à la lécithine.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Présence de l'acide allantoïque chez les Champignons.* Note de MM. **R. Fosse** et **A. Brunel**.

L'acide allantoïque existe, non seulement chez les Phanérogames [1], mais aussi chez les Champignons. Le suc d'expression de nombreux Basidiomycètes développe, après défécation et chauffage, la réaction colorée phénylhydrazinique de l'acide glyoxylique, résultant de l'hydrolyse de l'acide allantoïque :

$$\underset{\text{Acide allantoïque.}}{\begin{matrix} NH^2-CO-NH \\ NH^2-CO-NH \end{matrix}\!\!>CH-COOH} + 2H^2O = \underset{\text{Acide glyoxylique.}}{\begin{matrix} COOH \\ | \\ CH(OH)^2 \end{matrix}} + \underset{\text{Urée.}}{OC\!<\!\begin{matrix} NH^2 \\ NH^2 \end{matrix}}$$

1. *Identification, sous la forme de son dérivé dixanthylé, de l'acide allantoïque, dans* Coprinus micaceus *et* Collybia dryophila. — L'absence d'urée dans ces deux Champignons permet de précipiter directement l'acide allantoïque par le xanthydrol :

$$CO^2H-CH\!<\!\begin{matrix} NH-CO-NH-H+HO-CH\!<\!\begin{matrix} C^6H^4 \\ C^6H^4 \end{matrix}\!>\!O \\ NH-CO-NH-H+HO-CH\!<\!\begin{matrix} C^6H^4 \\ C^6H^4 \end{matrix}\!>\!O \end{matrix}$$

$$= 2H^2O + CO^2H-CH\!<\!\begin{matrix} NH-CO-NH-CH\!<\!\begin{matrix} C^6H^4 \\ C^6H^4 \end{matrix}\!>\!O \\ NH-CO-NH-CH\!<\!\begin{matrix} C^6H^4 \\ C^6H^4 \end{matrix}\!>\!O \end{matrix}$$

Lorsque l'urée et l'acide allantoïque coexistent dans le même individu, il faut nécessairement procéder à l'élimination préalable du premier corps. On ne doit pas utiliser dans ce but l'uréase du Soja qui, accompagnée de l'allantoïnase, pourrait provoquer la formation d'acide allantoïque.

A. Coprinus micaceus Fries ex Bulliard.

Sécher rapidement dans le vide, sur $CaCl^2$, le Champignon récolté mûr (lamelles

(1) *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 175 et 869; **183**, 1926, p. 175; **184**, 1927, p. 1596; **185**, 1927, p. 308; **188**, 1929, p. 426, 1067, 1418, 1632; **189**, 1929, p. 716; **191**, 1930, p. 1153, 1388; **192**, 1931, p. 442, 1615; **193**, 1931, p. 7; **196**, 1933, p. 883 et 1264.

déliquescentes); en broyer 20g et laisser la poudre obtenue en contact, une heure, avec de l'eau glacée (200cm³); centrifuger, laver, ramener le volume à 200cm³; déféquer par NO^3AgN (40cm³); précipiter l'acide allantoïque de la liqueur par l'acétate mercurique; abandonner une nuit à la glacière; laver le dépôt; le traiter en suspension dans l'eau glacée par H^2S; éliminer le sulfure de mercure et H^2S; alcaliniser par NaOH; ajouter à la liqueur (35cm³) de l'acide acétique (35cm³), puis 1/40e du volume de xanthydrol en solution méthylique à 1/10e. Après quatre heures à la glacière, recueillir le précipité d'acide dixanthylallantoïque brut; laver à l'acide acétique à 1/2, puis à l'eau; purifier par dissolution dans la pyridine pure glacée en suivant le mode opératoire précédemment décrit [1].

Analyse du corps séché à 100°. Trouvé : N pour 100, 10,36. Calculé pour

$$\left[O\begin{matrix}\diagup C^6H^4 \diagdown \\ \diagdown C^6H^4 \diagup\end{matrix}CH.NH.CO.NH\right]^2 CH.COOH : \text{N pour 100, 10,44.}$$

Matière : 11mg,620 ; volume corrigé, 1cm³,062 ; pression, 757mm ; température, 20°.

B. *Collybia dryophila* (Fr. ex. Bull.) Quelet.

Même mode opératoire que pour *Coprinus micaceus*.

Analyse. — Trouvé : N pour 100, 10,28. Calculé pour $C^{30}H^{24}O^6N^4$: N pour 100, 10,44. Matière, 12mg,530 ; volume corrigé, 1cm³,147 ; pression, 758mm ; température, 22°.

2. L'acide allantoïque a été dosé par la méthode spectrophotométrique [2] dans les Champignons qui suivent, déterminés par M. Roger Heim.

Noms.	Partie du végétal.	Acide allantoïque en gr. pour 1000g de plante sèche.
Amanita rubescens (Pers.)	(Total)	0,4
Leucocoprinus cæpestipes (Fr. ex Sow.) Pat.	»	6,09
Pluteus patricius (Schul.)	»	0,60
Pluteus cervinus (Schœf.)	»	1,22
Agaricus campester (Fr.)	(Chapeau)	0,14
	(Stipe)	0,24
Agaricus exquisitus (Vitt. sensu Pat.)	(Chapeau)	0,13
	(Stipe)	0,15
Coprinus micaceus (Bull.)	(Total)	4,69
Coprinus lagopus (Fr.)	»	4,79
Coprinus stercorarius (Fr.)	»	0,55
Hypholoma appendiculatum (Bull.)	»	1,25
Panaeolus papilionaceus (Bull.)	»	1,09
Nematoloma fasciculare (Kst.)	»	1,17

(1) *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 883.
(2) *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 1615.

Noms.	Partie du végétal.	Acide allantoïque en gr. pour 10000g. de plante sèche.
Pholiota cylindracea (Fr. ex D. C.)	(Total)	2,81
Pholiota præcox (Fr. ex Pers.)	»	1,01
Hebeloma radicosum (Bull.) Rick..........	»	0,70
Rhodophyllus solsticialis (Fr.) Q	»	6,72
Entoloma lividum (Bull.).................	(Lamelles)	1,80
Clitopilus orcella (Fr.)...................	(Total)	0,23
Collybia maculata (Alb. et Schw.)........	»	1,28
Collybia distorta (Fr.)	»	0,90
Collybia grammocephala (Bull.)..........	»	0,40
Collybia dryophila (Bull.)................	(Chapeau)	4,06
	(Stipe)	0,82

3. L'acide allantoïque varie donc, dans ces expériences, depuis 0g,14 jusqu'à 6g,72 par kilogramme de plante sèche. Des variations aussi étendues peuvent être également constatées chez le même individu pris à des âges différents :

État du développement.	Acide allantoïque en grammes pour 1000g de plante sèche.
Coprinus micaceus.	
1. Non sporulé.............................	0,75
2. Sporulé..................................	2,96
3. Mûr. Lamelles déliquescentes...............	4,69
Leucocoprinus cæpestipes.	
1. Très jeune..............................	1,66
2. Non épanoui............................	2,50
3. Épanoui................................	2,63
4. Flétri..................................	7,08

M. **Paul Janet** (¹), en présentant les *Comptes rendus du Congrès international d'Électricité de* 1932, s'exprime en ces termes :

Dans la séance du 1er août 1932 (²) j'avais l'honneur de faire connaître à l'Académie les principaux résultats obtenus par le Congrès international d'Électricité qui venait de se tenir à Paris, sous ma Présidence, du 4 au 12 juillet précédent.

(¹) Séance du 17 juillet 1933.

(²) Paul Janet, *Comptes rendus*, **195**, 1932, p. 348.

Aujourd'hui, je suis heureux de déposer sur le Bureau de l'Académie les treize volumes qui contiennent le résumé de ce Congrès.

Cette belle publication, qui a été exécutée par les soins de l'Imprimerie Gauthier-Villars sous la direction de M. R. DE VALBREUZE, Délégué général, contient les documents préliminaires sur l'organisation et le fonctionnement du Congrès ainsi que les rapports (au nombre de 248) et les communications (au nombre de 93) présentés au Congrès. Elle constitue un véritable monument de l'état de la Science et de l'Industrie électrique dans la première moitié du xx[e] siècle.

NOMINATIONS.

M. **Ch. Gravier** est adjoint à la délégation chargée de représenter l'Académie à la célébration du *Centenaire de la mort* de PIERRE-ANDRÉ LATREILLE.

CORRESPONDANCE.

M. **P. Chevey**, Directeur intérimaire de l'*Institut Océanographique de l'Indochine*, adresse un *Rapport sur le fonctionnement, pendant l'année* 1931-1932, de cet organisme, placé sous le contrôle de l'Académie.

GÉOMÉTRIE. — *Un critérium caractéristique des représentations conformes.* Note (¹) de M. **P. Rachevsky**, présentée par M. Élie Cartan.

1. Nommons plan conforme Z celui de la variable complexe Z, considéré au point de vue du groupe de transformations

$$Z^* = \frac{\alpha Z + \beta}{\gamma Z + \delta}. \tag{1}$$

Envisageons une représentation conforme

$$W = f(Z) \tag{2}$$

d'un plan conforme Z sur un autre plan W, conforme aussi.

(¹) Séance du 17 juillet 1933.

Nous dirons que deux représentations de cette espèce qui ne diffèrent que par une transformation (1) du plan Z suivie d'une transformation analogue de W [c'est-à-dire aussi de la forme (1), mais aux coefficients en général différents] sont équivalentes au point de vue de la géométrie des plans conformes. C'est-à-dire deux représentations conformes $W = f(Z)$ et $W = f_1(Z)$ sont équivalentes, si

$$f_1(Z) = \frac{\alpha_1 f\left(\frac{\alpha Z + \beta}{\gamma Z + \delta}\right) + \beta_1}{\gamma_1 f\left(\frac{\alpha Z + \beta}{\gamma Z + \delta}\right) + \delta_1}. \tag{3}$$

2. Posons

$$\mathcal{J}_Z^W = \sqrt{\frac{dW}{dZ}}\frac{d^2}{dZ^2}\left(\sqrt{\frac{dZ}{dW}}\right). \tag{4}$$

Il est bien connu que $\mathcal{J}_Z^W$ est invariant envers une transformation de la forme (1) du plan W. Envisageons ensuite $\mathcal{J}_W^Z$; alors $\mathcal{J}_W^Z dW^2 + \mathcal{J}_Z^W dZ^2 = 0$, ce qui fournit $\sqrt{\mathcal{J}_Z^W}\,dZ = \sqrt{-\mathcal{J}_W^Z}\,dW$. Introduisons une variable complexe nouvelle U :

$$dU = \sqrt{\mathcal{J}_Z^W}\,dZ = \sqrt{-\mathcal{J}_W^Z}\,dW. \tag{5}$$

Si l'on passe de la transformation conforme donnée (2) à la transformation équivalente (3) dU, et $\mathcal{J}_U^W$ et $\mathcal{J}_U^Z$ en conséquence aussi restent invariants [en comparant leurs valeurs dans les points correspondants : Z pour la transformation (3) et $\alpha Z + \beta/\gamma Z + \delta$ pour (2)]. D'ailleurs

$$\mathcal{J}_U^W = \mathcal{J}_U^Z + 1. \tag{6}$$

3. Une représentation conforme (2) étant donnée, envisageons-la au voisinage d'un point quelconque $Z = Z_0$. Il est alors possible [1] de construire au voisinage du point $Z = 0$ une transformation équivalente aux premiers membres suivants du développement :

$$W = Z + Z^3 + aZ^5 + \ldots. \tag{7}$$

Le coefficient a dépend certainement du choix du point Z_0; il est caractéristique pour cette représentation conforme si l'on néglige les infiniment petits des ordres supérieurs à 5. Nous appelons une représentation (2) *homogène* si, au voisinage de chaque point Z_0, elle est toujours équivalente à la même représentation (7) aux infiniment petits du cinquième ordre près, c'est-à-dire si le coefficient a garde la même valeur constante pour tous les points Z_0.

---

[1] Il est supposé que $f(Z) \neq \alpha Z + \beta/\gamma Z + \delta$.

4. Nous nous proposons de trouver toutes les représentations conformes $W = f(Z)$, qui sont homogènes.

En partant de (7), il est facile de calculer :

$$\mathfrak{I}_U^Z = 5a - 6. \tag{8}$$

Par conséquent, pour une transformation homogène $\mathfrak{I}_U^Z = \text{const.}$ Posons $\mathfrak{I}_U^Z = m$; alors $\mathfrak{I}_U^W = m + 1$. C'est pourquoi

$$Z = e^{2\sqrt{m}U} \quad (\text{si } m \neq 0); \qquad Z = U \quad (\text{si } m = 0) \tag{9}$$

à une transformation près (1) de Z. Et, de la même manière,

$$W = e^{2\sqrt{m+1}U} \quad (\text{si } m + 1 \neq 0), \qquad W = U \quad (\text{si } m + 1 \neq 0), \tag{10}$$

à une transformation près (1) de W.

Par conséquent la transformation $W = f(Z)$ doit être équivalente à une des transformations suivantes :

(1) $m = 0; \quad W = e^Z,$

(2) $m + 1 = 0; \quad W = ln\,Z,$

(3) $m \neq 0, \quad m + 1 \neq 0; \quad W = Z^{\sqrt{\frac{m+1}{m}}}.$

Dans la dernière de ces transformations, l'exposant peut prendre toutes les valeurs sauf 1, comme nous avons éliminé le cas trivial $W = Z$ (voir la remarque ci-dessus) quoique ce soit évidemment une transformation homogène. Donc, les transformations Z^n, e^Z, $ln\,Z$ sont ainsi distinguées de toutes les autres comme homogènes.

5. Nous allons enfin montrer que de ce point de vue les fonctions e^Z et $ln Z$ peuvent être envisagées comme appartenant au système des fonctions Z^n.

Nous dirons qu'une suite de représentations conformes $f_1(Z)$, $f_2(Z)$, ..., $f_n(Z)$, ... a une représentation limite, si chaque fonction $f_n(Z)$ peut être remplacée par une fonction équivalente $\overline{f}_n(Z)$ de façon que la suite $\overline{f}_n(Z)$ ait une fonction limite (dans le sens ordinaire du mot) $\overline{f}(Z) \neq \text{const.}$ On prouve sans peine que la représentation conforme limite, dans tous les cas où elle existe, est univoque (c'est-à-dire à une représentation équivalente près).

Cherchons la représentation conforme limite de la suite des Z^n quand $n \to \infty$. Cette suite ne fournit immédiatement aucune limite; nous remplaçons chaque membre Z^n de cette suite par la fonction $(1 + Z/n)^n$ qui y est équivalente. La représentation limite existe et s'exprime par e^Z.

Dans le cas où $n \to 0$ la même suite ne fournit immédiatement aucune limite, car nous obtenons $1 = \text{const.}$ Mais, après avoir remplacé chaque représentation Z^n par l'équivalente $Z^n - 1/n$, nous obtenons la limite $ln Z$. De ce point de vue e^Z est équivalent à Z^∞ et $ln Z$ à Z^0.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le problème de Dirichlet, la fonction potentielle et l'ensemble des points irréguliers.* Note [1] de M. **Jules Sire.**

1. Soit T un domaine de frontière S bornée et réduite; le poids par rapport à T d'un ensemble fermé F sous-ensemble de S est la fonction $\varphi(P)$ harmonique dans T, borne inférieure des fonctions harmoniques dans T, associées aux fonctions $f(q)$ continues sur S, prenant la valeur 1 en tout point de F et une valeur non négative en tout point de $S - F$. Si $\nu(P)$ est le potentiel conducteur de S par rapport à T, c'est-à-dire la fonction harmonique dans T associée à la fonction $f(q)$ prenant la valeur 1 en tout point de S, le poids de $S - F$, qui est un ensemble ouvert sur S, est la fonction harmonique non négative $\nu(P) - \varphi(P)$.

2. Soient E un ensemble quelconque de points de S, $\varphi_e(P)$ la borne inférieure des poids des ensembles ouverts sur S contenant E et $\varphi_i(P)$ la borne inférieure des poids des ensembles fermés contenus dans E; si

$$\varphi_e(P) = \varphi_i(P) = \varphi(P),$$

en tout point de T, l'ensemble E est dit normal et la fonction $\varphi(P)$, qui est harmonique dans T, porte le nom de poids de l'ensemble E par rapport au domaine T.

3. Les fonctions normales $f(q)$ sur S et leurs intégrales de Lebesgue-Stieljes par rapport à S : $\int f(q)\,d\varphi(P)$ se définissent de la même manière que les fonctions mesurables et leurs intégrales de Lebesgue. La considération des intégrales de Lebesgue-Stieljes nous a conduit à formuler le problème de Dirichlet pour les fonctions $f(p)$ normales sur S de la façon suivante : *attacher à toute fonction* $f(p)$ *une fonction* $F(P)$ *définie dans* T *satisfaisant aux conditions suivantes :* 1° *elle est harmonique dans* T; 2° *si p est un point régulier de* S, *m et* M *les minimum et maximum de* $f(q)$ *au point p, les limites de* $F(P)$ *quand* P *tend vers p appartiennent à l'intervalle* (m, M);

---

[1] Séance du 12 juin 1933.

3° *si* $f(p) = f_1(p) + f_2(p)$ *et si* $F_1(P)$ *et* $F_2(P)$ *sont associées à* $f_1(p)$ *et à* $f_2(p)$, *on a* $F(P) = F_1(P) + F_2(P)$. Le problème ainsi posé admet une seule solution, du moins si l'on ne considère que des fonctions $f(p)$ bornées. Mais si l'on supprime la condition 3° et supposant la fonction $f(P)$ bornée, on obtient le problème formulé par M. Perron dans la *Math. Zeitschrift* de 1923, lequel problème admet une infinité de solutions sauf dans le cas où les points de discontinuité de la fonction $f(p)$ forment un ensemble de poids nul par rapport à T.

4. c_ρ désignant la capacité de la portion de CT (CT complémentaire de T par rapport à l'espace) située dans la sphère de centre p et de rayon ρ, nous avons déduit du théorème de Norbert Wiener la proposition suivante : *le point p est régulier ou irrégulier suivant que l'intégrale* $\int_0^1 c_\rho/\rho^2\, d\rho$ *est divergente ou convergente.*

5. Soit F un ensemble fermé, borné et réduit, frontière de son complémentaire Ω par rapport à l'espace, l'intégrale de Riemann-Stieljes

$$V(P) = \int_F \frac{d\varphi_q(P_0)}{r}, \tag{1}$$

où P_0 est un point de Ω, r la distance du point P de Ω au point q de F, considérée comme fonction des coordonnées de P est harmonique dans Ω. Sa valeur en un point quelconque q de F est finie ou infinie positive. La fonction $V(q)$ considérée comme définie sur l'ensemble F y est semi-continue inférieurement et de plus sommable, et la valeur de la fonction potentielle (1) en un point quelconque P de Ω vérifie la relation

$$V(P) = \int_F V(q)\, d\varphi(P), \tag{2}$$

le second membre étant une intégrale de Lebesgue-Stieljes. Si la fonction $V(q)$ est continue au point p, $V(P)$ a pour limite $V(p)$ lorsque P tend vers p et cela que le point p soit régulier ou irrégulier, mais si p n'est pas un point de continuité pour $V(q)$ on peut seulement affirmer que

$$\varliminf_{P \to p} V(P) \geqq V(p). \tag{3}$$

6. On ne peut supposer que tous les points p de F soient des points irréguliers pour lesquels $\varliminf_{P \to p} v(P) \leqq k < 1$, $v(P)$ désignant le potentiel conducteur de l'ensemble F par rapport au domaine Ω, car on en conclurait que

le potentiel conducteur $v(P)$ serait identiquement nul. On en déduit immédiatement que l'ensemble F ne peut avoir tous ses points irréguliers. Donc tout ensemble *fermé et réduit-frontière de son complémentaire par rapport à l'espace, admet au moins un point régulier*. Les conséquences que l'on peut déduire de ce résultat ont été signalées par M. Vasilesco dans le *Journal de Mathématiques*, 1930.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *De quelques questions concernant les types elliptique et parabolique : usage de la médiation périphérique ou spatiale; unicité des solutions des systèmes d'équations.* Note de M. **Maurice Gevrey**.

I. Envisageons à nouveau [1] un système de n équations linéaires à n inconnues $u_1, \ldots, u_n$ (les formes associées étant définies positives) :

$$\sum_{ij} a_{ij}^k \frac{\partial^2 u_k}{\partial x_i \partial x_j} + b_k \frac{\partial u_k}{\partial y} + \sum_{hi} b_{hi}^k \frac{\partial u_h}{\partial x_i} + \sum_h c_h^k u_h = f_k, \tag{1}$$

avec $i, j = 1, \ldots, m$ et $h, k = 1, \ldots, n$. Il est du type *parabolique* si les u^k et les coefficients dépendent des $m+1$ variables $x_1, \ldots, x_m, y$, avec les b_k *négatifs*, et du type *elliptique* s'ils dépendent seulement des x_i, avec les b_k *nuls*. On peut se proposer, dans ce dernier cas, d'introduire un symbole analogue à celui qui généralise le laplacien de u en un point $O(x_i^0)$ par une médiation *périphérique* ou *spatiale :* ω étant le domaine défini par $OM < \varepsilon$, σ sa frontière et σ_m l'aire de l'hypersphère unitaire, on peut définir Δu par la limite, quand ε tend vers zéro, de

$$I_1 = \frac{2m}{\sigma_m} \int_\sigma \frac{u_M - u_O}{\varepsilon^{m+1}} d\sigma_M \quad \text{ou} \quad I_2 = \frac{2m(m+2)}{\sigma_m} \int_\omega \frac{u_M - u_O}{\varepsilon^{m+2}} d\omega_M.$$

Effectuant alors dans I_1 ou I_2 le changement de variables inverse de la substitution linéaire qui transforme en laplacien, au point O, le symbole $\Sigma a_{ij} \partial^2 u / \partial x_i \partial x_j$, on aura une extension de celui-ci. Prenons par exemple la médiation spatiale (intégrale I_2) : en supposant le déterminant des a_{ij} égal à *un* [hypothèse que nous ferons pour toutes les équations (1)], l'élément $d\omega_M$ se conserve dans I_2 et ω devient le domaine défini par

$$\Sigma A_{ij}(x_i - x_i^0)(x_j - x_j^0) < \varepsilon^2,$$

[1] Voir *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 693; **195**, 1932, p. 690 et 1061.

A_{ij} étant le mineur de a_{ij}. Nous pourrons alors utiliser, pour chaque équation (1) dans le cas elliptique, l'opération $\lim I_2$ portant sur u_k, et nous l'appellerons $\mathcal{E}_k u_k$.

Dans le cas *parabolique*, l'extension de $\Sigma \partial^2 u/\partial x_i^2 - \partial u/\partial y$ sera la limite de $I_1 - \Delta u/\Delta y$ ou de $I_2 - \Delta u/\Delta y$, les rapports mutuels de ε^2 et Δy restant bornés; dans le cas des a_{ij} et b quelconques, on utilisera la médiation du type I_2, et ω sera alors, *dans le plan* $y = y_0$, le domaine défini plus haut. Mais on peut aussi opérer par médiation *dans l'espace à* $m+1$ *dimensions* (x_i, y) et remplacer en O

$$\Sigma a_{ij} \frac{\partial^2 u}{\partial x_i \partial x_j} + b \frac{\partial u}{\partial y} \quad \text{par} \quad \lim \frac{2m(m+2)^2}{|b|\sigma_m} \int_{\omega'} \frac{u_M - u_O}{\varepsilon^{m+4}} d\omega'_M,$$

ω' étant la portion du cylindre de section droite ω comprise entre les plans $y = y_0$ et $y = y_0 + (m+2)^{-1} b \varepsilon^2$.

Les symboles obtenus permettent d'écrire la *formule de Poisson généralisée*, dans les cas elliptique et parabolique, avec une densité ρ *continue* (1), et de résoudre les problèmes aux limites avec des b_{hi}^k, c_h^k, f_k continus.

II. Nous avons laissé de côté jusqu'ici les *questions d'unicité*. Envisageons le problème de Dirichlet relatif au type elliptique, pour un domaine D de frontière S. Notre première Note nous a fourni, au moyen d'une équation de Fredholm que nous désignerons par (F_1), *une certaine forme* de solution : nous allons montrer que cette méthode n'en laisse échapper aucune. Soit en effet $(\Gamma_P^{\Pi})_k$ la fonction de Green de $\mathcal{E}_k u_k = 0$ [divisée par $(m-2)\sigma_m$] : les u_k vérifient *nécessairement* le système d'équations (avec $\lambda = 1$ et N conormale)

$$u_k(P) = \lambda \int_D (\Gamma_P^{\Pi})_k \left(\sum_{hi} b_{hi}^k \frac{\partial u_h}{\partial x_i} + \sum_h c_h^k u_h - f_k \right)_{\Pi} d\omega_{\Pi} + \int_S \frac{\partial (\Gamma_P^M)_k}{\partial N_M} u_k dS_M.$$

Posant $\sum_{hi} b_{hi}^k \partial u_h/\partial x_i + \sum_h c_h^k u_h = v_k/d$ [d distance de $P(x_i)$ à S] et dérivant les équations par rapport aux x_i, des combinaisons linéaires évidentes nous donnent un système de n équations de Fredholm où les inconnues sont les v_k et qui se ramènent à une seule, soit (F_2), par le même procédé que dans notre première Note.

---

(1) On peut élargir l'hypothèse de la continuité ordinaire et, par exemple dans le cas parabolique, se contenter de la continuité en (x_i) : on a alors $|\rho_P - \rho_Q| < \eta$ pour $OP < \varepsilon$, P et Q étant les points (x_i, y) et (x_i^0, y).

(F_2) nous donne ici la solution *complète* du problème (u_k se déduisant de v_k par la formule précédente), mais s'obtient moins facilement que (F_1) puisqu'il faut calculer les Γ. Soient $\mathcal{D}_1(\lambda)$ et $\mathcal{D}_2(\lambda)$ les déterminants de Fredholm relatifs à (F_1) et (F_2), et supposons que $\lambda = 1$ soit zéro de $\mathcal{D}_1$ et $\mathcal{D}_2$, les ordres respectifs étant p_1 et p_2 (pouvant être *nuls*) : d'après (F_2), il y a p_2 (et p_2 seulement) systèmes de solutions linéairement indépendantes nulles sur S, et les données d'un problème de Dirichlet devront vérifier p_2 conditions d'orthogonalité. Or (F_1) fournit p_1 systèmes de solutions nulles sur S, donc $p_1 \leqq p_2$, et donne une certaine solution du problème de Dirichlet avec p_1 conditions, donc $p_1 \geqq p_2$. D'où $p_1 = p_2$. Donc (F_1) *résout complètement le problème* et il en est de même pour l'équation intégrale relative au *problème mixte* linéaire : les résultats relatifs à l'unicité que nous avons obtenus pour une seule équation se généralisent sans peine pour les systèmes [1].

Un procédé semblable montre que la méthode suivie dans notre seconde Note résout tous les problèmes du type parabolique ; mais ici il n'y a pas de cas *singuliers*.

MOTEUR A EXPLOSION. — *Sur la détermination des températures de la flamme pendant la détente dans les moteurs à explosion.* Note de M. **Aurélian Doncescu**, présentée par M. Cotton.

La méthode appliquée est en principe celle qui a été proposée par Féry (*Comptes rendus*, 137, 1903, p. 909) pour la détermination optique des températures des flammes non éclairantes.

Ces mesures sont effectuées sur un moteur à explosion à quatre temps, monocylindrique, course 40^{mm}, alésage 35^{mm}, refroidi par l'eau.

Le cylindre du moteur est pourvu de deux fenêtres en verre situées aux extrémités d'un même diamètre passant par le centre de la chambre à explosion.

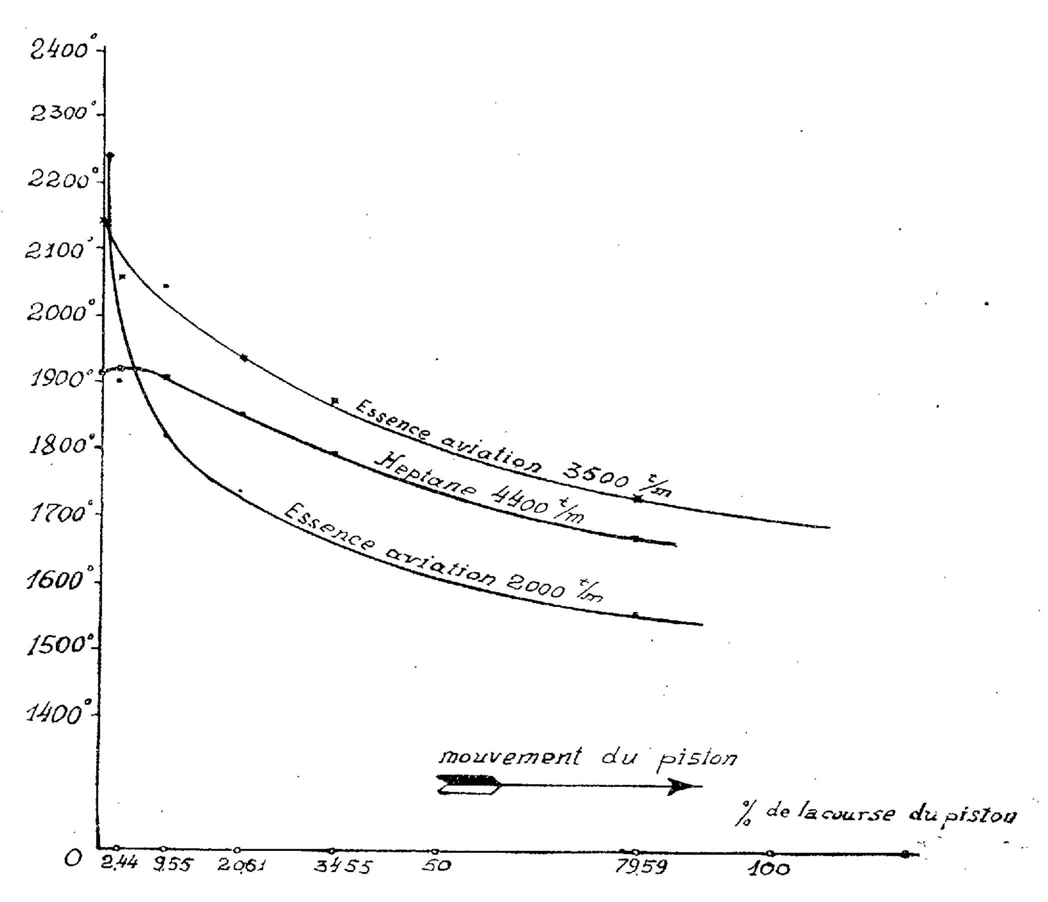
Un disque dont le mouvement est commandé par le moteur lui-même (vitesse moitié de celle du moteur) présente une ouverture sur le trajet lumineux. Par un mécanisme approprié on peut régler, pendant la rotation, la position de l'ouverture ce qui permet de mesurer la température à divers moments de la détente des gaz.

---

(1) *Journal de Math.*, 9, 1930, p. 72 à 75.

Le diamètre de l'ouverture et sa distance au centre de rotation du disque sont calculés de sorte que l'intervalle de la détente puisse être divisé en vingt parties.

La source employée est une lampe à ruban de tungstène 6 volts 100 watts.



L'image du filament se forme à l'aide d'une lentille au centre de la chambre à explosion d'où elle est reprise par une seconde lentille qui la projette sur la fente d'un spectroscope muni d'un porte châssis.

La flamme à l'intérieur du moteur est colorée par du sodium introduit sous forme d'alcoolate de sodium dissous dans le combustible.

Les spectres continus émis par la lampe et sur lesquels se forment en noir ou en brillant les raies de sodium, sont photographiés pour chaque position du disque et pour différentes valeurs du courant de chauffage de la lampe.

Une même plaque sert pour une position déterminée du disque. Sur un même cliché on prend une série de photographies correspondant à différentes valeurs du courant de chauffage qui font paraître les raies en noir ou en brillant.

Les clichés sont analysés au microphotomètre pour pouvoir fixer par les courbes de noircissement le point exact de la disparition des raies.

Lorsque cette condition est réalisée on sait que la température du filament de la lampe est égale à celle de la flamme, la lampe étant étalonnée à l'aide d'un pyromètre à filament disparaissant en tenant compte expérimentalement de l'absorption par les fenêtres du moteur.

Les courbes ci-jointes indiquent quelques-uns des résultats obtenus avec l'essence d'aviation et l'heptane.

Nous poursuivons actuellement en liaison avec le Service des Recherches de l'Aéronautique, des recherches analogues pour d'autres carbures dans différentes conditions de fonctionnement du moteur.

MÉCANIQUE. — *Sur les forces dépendant des accélérations.*
Par M. **A. Przeborski**, transmis par M. Hadamard.

On sait que Wilhelm Weber fut le premier qui a introduit les forces dépendant non seulement de la position des points et de leurs vitesses, mais encore de leurs accélérations. C. Neumann, G. Kirchhoff, A. Mayer, H. Hertz ont à mainte reprise admis la possibilité de forces dépendant des accélérations et de leurs dérivées vectorielles d'ordre quelconque prises par rapport au temps.

H. Helmholtz, en généralisant la conception du potentiel, a introduit le potentiel cinétique comme fonction des coordonnées et de leurs dérivées premières, ce qui revient à introduire des forces dépendant des accélérations.

L. Koenigsberger, dans une série des travaux généralisant le potentiel cinétique de Helmholtz, parvient, de son côté, aux forces qui dépendent des dérivées d'ordre quelconque.

Enfin dans les travaux consacrés aux recherches concernant les phénomènes nommés héréditaires on se sert aussi de forces semblables. On voit donc que les forces dépendant des accélérations interviennent dans tout une série de recherches.

Cependant, à notre connaissance, on ne s'est jamais posé la question

suivante : *la supposition que les forces dépendent des accélérations est-elle compatible avec les lois générales de la mécanique newtonienne?*

Or, parmi celles-ci figure un principe de composition lequel peut être et a été énoncé de deux manières différentes. En premier lieu, un principe de composition des *forces :*

A. — *Lorsqu'un point matériel mobile est en présence de deux ou plusieurs systèmes matériels* S_1, S_2, ... *susceptibles d'agir sur lui, la force totale qui s'exerce dans ces conditions est la somme géométrique des forces qu'exerce isolément chacun des systèmes considérés;*

puis un principe de composition des *accélérations*, savoir :

B. — *L'accélération que détermine sur un point matériel quelconque* M *l'ensemble de plusieurs systèmes* S_1, S_2, ... *s'obtient en composant, d'après les règles de la composition des vecteurs, les accélérations que détermineraient isolément les systèmes* S_1, S_2, ... *agissant successivement sur le point* M.

Or ces deux principes ne peuvent être vérifiés ensemble, si l'on admet que les forces puissent dépendre des accélérations.

Supposons, en effet, qu'un point matériel de masse m soit soumis à l'action de deux forces $\mathfrak{F}_1$ et $\mathfrak{F}_2$ dépendant du temps, de la position du point, de sa vitesse et de son accélération. Les projections de l'accélération sous *l'action d'une seule* force $\mathfrak{F}_i$ étant x''_i, y''_i, z''_i, les équations correspondantes du mouvement du point sont

$$(1) \qquad mx''_i = X_i(x''_i, y''_i, z''_i), \qquad my''_i = Y_i(x''_i, y''_i, z''_i), \qquad mz''_i = Z_i(x''_i, y''_i, z''_i) \qquad (i = 1, 2).$$

Admettant la loi newtonienne A de composition des forces, les équations du mouvement sous l'action *simultanée* de deux forces $\mathfrak{F}_1$ et $\mathfrak{F}_2$ sont

$$(2) \qquad \begin{cases} mx'' = X_1(x'', y'', z'') + X_2(x'', y'', z''), \\ my'' = Y_1(x'', y'', z'') + Y_2(x'', y'', z''), \\ mz'' = Z_1(x'', y'', z'') + Z_2(x'', y'', z''), \end{cases}$$

où l'on doit avoir, d'après B,

$$(3) \qquad x'' = x''_1 + x''_2, \qquad y'' = y''_1 + y''_2, \qquad z'' = z''_1 + z''_2.$$

Évidemment les *douze* équations (1), (2), (3), auxquelles doivent satisfaire les *neuf* fonctions x''_i, y''_i, z''_i, x'', y'', z'', ne sont pas, en général, compatibles, ce qui démontre notre théorème.

Un exemple très simple est fourni par les cas où l'on suppose que

$$\mathfrak{F}_i = \mathfrak{P}_i + \lambda_i \mathfrak{w} \qquad (i = 1, 2),$$

$\mathfrak{w}$ désignant l'accélération du point, $\mathfrak{P}_i$ un vecteur dépendant du temps, de la position du point et de sa vitesse, et λ_i une fonction scalaire de ces arguments.

En s'appuyant sur les résultats obtenus dans notre Mémoire, *Die allgemeinsten Gleichungen de klassischen Dynamik* (*Math. Zeitschr.*, Bd. 36), on parvient immédiatement au théorème suivant :

Théorème. — *La loi newtonienne de composition des forces étant admise, les équations des liaisons non holonomes du second ordre ne peuvent être que linéaires par rapport aux dérivées secondes des coordonnées.*

Observations de M. **Hadamard** *sur la Note précédente.*

Le raisonnement algébrique par lequel M. Przeborski établit sa conclusion, et qui est fondé sur une énumération de paramètres, peut à la rigueur donner encore lieu à un doute. Mais, pour n'en laisser subsister aucun, il suffit, dans les équations (1)-(3) (lesquelles doivent avoir lieu quels que soient les x'', y'', z'') de faire tout d'abord $x''_2 = y''_2 = z''_2 = 0$.

THÉORIE DE LA RELATIVITÉ. — *Sur une classe de solutions des équations de la gravitation d'Einstein.* Note [1] de M. **Ch. Racine**, présentée par M. Élie Cartan.

1. Nous dirons qu'un espace de Riemann E_n est, dans un domaine (D), infiniment voisin de l'espace euclidien, le voisinage étant d'ordre p, si l'on peut écrire, dans ce domaine, son élément métrique sous la forme

$$ds^2 = \sum_1^n (\delta_i^j + \varepsilon_{ij})\, dx^i\, dx^j \qquad \left(\delta_i^j = \begin{cases} 0 \text{ si } i \neq j \\ 1 \text{ si } i = j \end{cases}\right),$$

les ε_{ij} étant des fonctions des $x^1, x^2, \ldots, x^n$ et d'un ou plusieurs paramètres $\mu_1, \mu_2, \ldots$ bornées et continues ainsi que leurs p premières dérivées dans le domaine considéré et égales à zéro pour $\mu_1 = 0$, $\mu_2 = 0$, ...

Un espace de Riemann, simplement connexe, est dit asymptote d'ordre p à l'espace euclidien si l'on peut : 1° y construire des surfaces à $n-1$ dimensions, homéomorphes à l'hypersphère, $\Sigma_1, \Sigma_2, \ldots, \Sigma_n, \ldots$ s'enveloppant les

(1) Séance du 17 juillet 1933.

unes les autres et telles que le minimum de la distance d'un point de Σ_n à un point fixe A croisse indéfiniment avec n; 2° pour $n > N$ le ds^2 de l'espace extérieur à Σ_n s'écrit sous la forme

$$ds^2 = \sum_1^n (\delta_i^j + \varepsilon_{ij}^n)\, dx^i\, dx^j,$$

les ε_{ij}^n étant finis et continus et tendant vers zéro avec $1/n$, ainsi que leurs p premières dérivées.

2. Assujettissons les solutions des équations de la gravitation d'Einstein aux conditions suivantes :

a. L'espace est régulier partout et homéomorphe à l'espace euclidien à quatre dimensions;

b. Il est infiniment voisin dans un voisinage d'ordre 3 de l'espace euclidien;

c. La métrique peut être définie dans tout l'espace-temps par la formule

$$ds^2 = (1 - \varepsilon_{00})\, dt^2 - \sum_1^3 (\delta_i^j + \varepsilon_{ij})\, dx^i\, dx^j;$$

d. Toutes les sections $t = t_0$ sont asymptotes d'ordre 3 au moins à l'espace euclidien à trois dimensions;

e. Il existe un choix particulier du système des coordonnées tel que, la condition *c* étant remplie, lorsqu'on s'éloigne à l'infini sur toute section $t = t_0$, la partie principale de ε_{00} est

$$\varepsilon_{00}(\mathrm{P}) = \frac{k}{\overline{\mathrm{MP}}},$$

k étant une constante et $\overline{\mathrm{MP}}$ le minimum minimorum des distances géodésiques d'un point M à un point variable P.

3. Dans ces conditions les équations de la gravitation d'Einstein, si on y néglige les termes d'ordre supérieur au premier, donnent un système d'équations aux variations qui peut fournir des renseignements intéressants sur le problème suivant :

Existe-t-il hors de l'espace-temps euclidien des solutions sans singularités des équations de la gravitation, cas extérieur?

A ce propos, la proposition que j'ai donnée dans une Note précédente, moyennant les seules hypothèses qui y sont énumérées, est douteuse et en tout cas, la démonstration indiquée, inexacte [1].

---

(1) *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 1167.

4. Si l'on se borne à considérer les solutions des équations d'Einstein satisfaisant aux hypothèses énoncées dans le paragraphe 2 et de plus à l'une des deux suivantes :

f. Ou bien ε_{00} et les ε_{ij} sont des fonctions pseudopériodiques de t, bornées ainsi que leurs dérivées des deux premiers ordres, définies pour toute valeur de $t \geq 0$.

g. Ou bien une dérivation par rapport à t élève l'ordre de la quantité dérivée (hypothèse faite par Droste et de Sitter), auquel cas l'hypothèse (e) n'est plus nécessaire; on a alors le théorème suivant :

Il n'existe pas d'autres solutions sans singularités des équations d'Einstein, cas extérieur, que l'espace-temps euclidien.

5. La démonstration de ce théorème dans l'hypothèse (g) est assez immédiate si l'on remarque qu'en vertu de l'hypothèse même les équations aux variations se réduisent à celles du cas statique. La démonstration dans le cas de l'hypothèse (f) se fait en considérant les moyennes des quantités ε_{00} et ε_{ij} et en ramenant encore, par cet artifice le cas général au cas statique.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Théorie des effets photoélectriques complexes.* Note de M. L. **Goldstein**, présentée par M. L. de Broglie.

L'objet de la présente Note est de montrer que le traitement de l'effet photoélectrique dans les cadres de la Mécanique quantique permet de prévoir en dehors de l'effet simple, le phénomène plus général suivant : un photon d'énergie convenable tombant sur un atome à plusieurs électrons est capable après absorption d'en libérer plus d'un seul électron dans un acte élémentaire.

D'après la théorie de l'effet photoélectrique la probabilité par unité de temps pour qu'un atome absorbe un photon par unité de temps et qu'il passe d'un état initial i, l'état fondamental par exemple, à un état final f, état d'ionisation, sous l'influence d'un rayonnement excitateur, est :

$$\varpi_{if} = \frac{2\pi}{h\nu^2}\rho(\nu)\overline{|V_{fi}^{(\mu)}|^2}, \tag{1}$$

où $\rho(\nu)d\nu$ désigne la densité d'énergie du rayonnement incident dans l'intervalle de fréquence ν, $\nu + \Delta\nu$ et $V_{fi}^{(\mu)}$ est l'élément de matrice de l'énergie d'interaction du rayonnement incident et de l'atome s'appuyant sur les deux

états intéressés dans le processus et qui est défini par

$$V_{fi}^{(\mu)} = \frac{eh}{2\pi i m}\int \overline{\Psi}_f \left(\sum_{K=1}^{N} e^{i(\vec{p}_\mu \vec{r}_K)} (n_\mu \operatorname{grad}_{K,\mu}) \right) \Psi_i \, d\tau, \tag{2}$$

où Ψ_f et Ψ_i désignent respectivement la fonction d'onde de l'atome aux états final et initial, $\vec{r}_K$ le rayon vecteur du K[ième] électron, $\vec{n}$ un vecteur de longueur unité dirigé suivant le vecteur électrique de l'onde incidente, $\vec{p} = \overrightarrow{2\pi\nu/c}$ un vecteur dirigé suivant la normale à cette onde; $\mu = 1, 2, 3$ se rapporte aux trois composantes de ces vecteurs dans un système de coordonnées rectangulaires et $\operatorname{grad}_{K,\mu} = \partial/\partial x_{K,\mu}$.

Si l'on représente la fonction d'onde de l'atome à N électrons à l'approximation d'ordre zéro, donc négligeant l'interaction des électrons, par une combinaison linéaire des produits des N fonctions individuelles $(nlm\sigma/x)$, nlm et σ désignant les nombres quantiques usuels du problème à *un* électron, on peut se rendre compte facilement de ce qu'à cette approximation il ne peut y avoir qu'un effet photoélectrique ordinaire. Les effets photoélectriques complexes ne peuvent être compris dans la théorie que si l'on tient compte du couplage des électrons entre eux.

Nous avons pu développer une théorie [1] rendant compte des processus d'excitation complexe par chocs électroniques, processus qui présentent une analogie à ceux considérés ici. Cette théorie permet de prévoir les effets photoélectriques en question. Elle consiste essentiellement dans l'application de la théorie des perturbations de la Mécanique quantique permettant de tenir compte du couplage des électrons entre eux.

En vertu de cette théorie, la fonction d'onde de l'atome, aux états initial et final s'écrit en première approximation

$$\Psi_i = {}^0\Psi_i + {}^1\Psi_i \qquad \Psi_f = {}^0\Psi_f + {}^1\Psi_f, \tag{3}$$

où l'indice en haut à gauche désigne le degré d'approximation. On a pour ${}^0\Psi_i$, en particulier

$${}^0\Psi_i = \frac{1}{\sqrt{N!}} \sum (-)^\alpha P_\alpha (n_1^0 l_1^0 m_1^0 \sigma_1^0 / x_L) \ldots (n_F^0 \ldots / x_F) \ldots (n_N^0 \ldots / x_N), \tag{4}$$

où P_α désigne la $\alpha^{\text{ième}}$ permutation des coordonnées x_k des électrons parmi les N fonctions individuelles; l'indice supérieur des nombres quantiques indique l'état où se trouve la fonction individuelle considérée. La fonction de première approximation n'est

(1) L. GOLDSTEIN, *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 773, et *J. Phys. Rad.*, 1933 (à paraître).

autre qu'une superposition de tous les états, une et deux fois excité de cet atome,

(5) $$ {}^{1}\Psi_i = \sum_{F,j} c_{F_j}\,{}^{0}\Psi_{F_j} + \sum_{\substack{h,u\\ F,G\,(F\neq G)}} c_{F_h G_u}\,{}^{0}\Psi_{F_h G_u} + \sum_{F}\int c(E_F)\,{}^{0}\Psi(E_F)\,dE_F + \sum_{\substack{F,G\\ F\neq G}}\int c(E_F, E_G)\,{}^{0}\Psi(E_F, E_G)\,dE_F\,dE_G, $$

les c_F, c_{FG}, ... sont les coefficients de développement du terme de perturbation de l'équation d'onde complète de l'atome suivant les fonctions d'onde, discrètes et continues, d'approximation d'ordre zéro. ${}^{0}\Psi_{F_j}$ est une telle fonction d'onde où l'on suppose que la $F^{\text{ième}}$ fonction individuelle est excitée dans l'état j, dans ${}^{0}\Psi_{F_h G_u}$ ce sont les $F^{\text{ième}}$ et $G^{\text{ième}}$ qui se trouvent simultanément dans les états excités h et u. Les coefficients c_{F_j} se trouvent définis, en se bornant au couplage électrostatique, par

(6) $$ c_{F_j} = \frac{8\pi^2 m e^2}{h^2({}^{0}E_j - {}^{0}E_0)} \sum_{\substack{K\\ K\neq F}}^{N} \int {}^{0}\Psi_F \left|\vec{r}_F - \vec{r}_K\right|^{-1} {}^{0}\Psi_i\,d\tau, $$

${}^{0}E_j$ désigne l'énergie du $j^{\text{ième}}$ niveau excité de la $F^{\text{ième}}$ fonction individuelle non perturbée, augmentée des $(N-1)$ autres ${}^{0}E_0$. Il est clair que pour obtenir une approximation convenable on devra se servir de fonctions individuelles autres que hydrogénoïdes.

En portant (3) en (2), on trouve

$$ V_{fi}^{(\mu)} = V_{f_0 i_0}^{(\mu)} + V_{f_0 i_1}^{(\mu)} + V_{f_1 i_0}^{(\mu)} + V_{f_1 i_1}^{(\mu)}, $$

où chacun des termes figurant dans le second membre est défini par une expression du type (3). En particulier, dans le terme $V_{f_0 i_0}^{(\mu)}$, il ne figure dans l'intégrale (3) que les fonctions d'onde d'approximation d'ordre zéro, et si à l'état final l'atome est plusieurs fois ionisé (effet photoélectrique complexe) ce terme est nul. Par contre, les trois autres termes définissent le phénomène et contiennent une superposition d'effets simples; ces termes sont munis d'un facteur c (coefficient de développement) ou de leur produit et la probabilité ϖ_{fi} contiendra le carré de ces coefficients. Comme $c \leq 1$, on voit que les effets photoélectriques complexes sont d'un ordre de grandeur inférieur aux effets simples. On vérifie aisément que l'approximation (3) permet des processus photoélectriques allant jusqu'au quintuple pour des photons d'énergie convenables.

Pour les effets plus complexes, on devrait aller plus loin dans l'approximation des fonctions d'onde de l'atome. *Il serait intéressant de mettre en évidence expérimentalement ces effets photoélectriques complexes aussi bien dans le domaine des rayons X que dans le domaine optique.*

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Équation d'état des films monomoléculaires et comparaison avec les résultats expérimentaux.* Note de M. **Jean Guastalla**, présentée par M. Jean Perrin.

Dans une Note antérieure [1], nous avons été conduit à mettre l'équation d'état des films monomoléculaires sous la forme provisoire :

$$P = \frac{6,3\,m^2}{l^5} + \frac{RT}{\mathcal{N} l^2} + \varphi(l),$$

la fonction inconnue $\varphi(l)$ étant celle des variations de tension capillaire de l'eau sous le film.

Nous avons cherché empiriquement une forme simple pour cette fonction : la forme $1/l^3$ a permis des identifications satisfaisantes.

Nous avons donc adopté en première approximation comme équation d'état du film la relation

$$P = \frac{A}{l^5} - \frac{B}{l^3} + \frac{C}{l^2},$$

avec $A = 6,3\,m^2$ (approximativement) et $C = RT/\mathcal{N}$.

Cette équation se représente par une courbe en S.

Identifications avec les courbes expérimentales. — Malgré les nombreuses hypothèses simplificatrices, cette équation représente assez bien le phénomène dans son ensemble, et surtout dans la région à grande pente, où l'on a pu réaliser de bonnes coïncidences entre les courbes calculées et expérimentales en donnant aux coefficients A et B des valeurs convenables.

La figure représente une portion de la courbe expérimentale de l'acide oléique sur N/100 HCl à 19°C. (points et pointillé), et la courbe calculée correspondante (trait plein).

Moments électriques des molécules. — Pour chaque film étudié, la connaissance du coefficient $A = 6,3\,m^2$ doit nous permettre de calculer une valeur approximative du moment électrique m des molécules.

Nous avons ainsi trouvé :

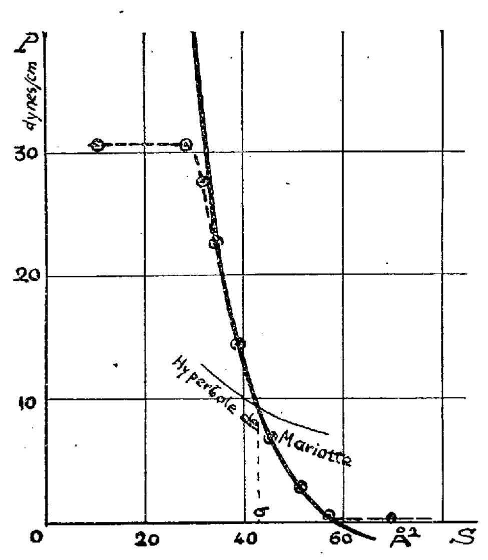
	$m.10^{18}$.
Acide oléique	2,7
Acide myristique	2,2
Trioléine	7

valeurs dont l'ordre de grandeur paraît satisfaisant.

---

(1) *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1376.

Notons en outre que les trois cas étudiés semblent mettre en évidence une proportionnalité entre le coefficient B et le moment calculé m : pour une série de films différents sur un même liquide porteur, les coefficients A et B ne dépendraient alors que d'un seul paramètre. Il en résulterait également une proportionnalité entre l'abscisse σ du point où la courbe coupe l'hyperbole de Mariotte et le moment électrique de la molécule.



Le palier. — L'S de la courbe qui représente l'équation d'état est remplacé par un palier plus ou moins parfait sur les courbes expérimentales, palier qui correspond à un équilibre de deux phases.

Il est probable que ces deux phases sont finement mélangées, des îlots de molécules rapprochées (phase condensée) étant en équilibre avec une « vapeur » de molécules dispersées (¹).

Nous expliquons le léger arrondi de ce palier de la façon suivante : à la « pression de vapeur saturante » des molécules isolées viendrait s'ajouter la pression cinétique des îlots eux-mêmes, dont le nombre et la densité superficielle décroîtraient du début à la fin du palier.

L'étude de l'arrondi du palier pour des films d'acide oléique nous fait admettre que dans ces films les îlots contiennent en moyenne environ 200^{mol}.

(¹) L'hétérogénéité du film en un point du palier a été constatée à l'ultramicroscope par MM. Zocher et Stiebel en 1930.

ACOUSTIQUE. — *Coefficients d'absorption des ultrasons par différents liquides*. Note de M. **P. Biquard**, présentée par M. Jean Perrin.

Dans un travail précédent (¹), jai indiqué une méthode optique permettant de mesurer le coefficient d'absorption des ondes ultrasonores par les liquides. Ce procédé, qui utilise le phénomène de diffraction de la lumière par les ultrasons (²) doit être légèrement modifié de la manière suivante :

Considérons le liquide à étudier, placé dans une cuve transparente et traversé, à une distance z du quartz émetteur d'ultrasons, par un pinceau de lumière parallèle de hauteur h. L'intensité de la lumière diffractée par une tranche de liquide d'épaisseur dz peut s'écrire $dI = I_0 f(A^2)\,dz$, I_0 représentant l'intensité du faisceau lumineux incident et A l'amplitude à l'altitude z des ondes ultrasonores. Dans la méthode, telle qu'elle a été décrite précédemment, la fonction $f(A^2)$ avait été prise de la forme kA^2 pour les petites valeurs des amplitudes ultrasonores. Une étude expérimentale plus précise a montré que, pour les amplitudes ultrasonores les plus petites compatibles avec une mesure précise de la quantité de lumière diffractée, il n'est pas légitime de faire cette hypothèse sur la forme de la fonction $f(A^2)$.

Sans préciser la nature de cette fonction, nous pourrons écrire que, pour la tranche de liquide de hauteur h, l'intensité de la lumière diffractée a pour valeur :

$$I = I_0 \int_z^{z+h} f(A^2)\,dz = I_0 \int_z^{z+h} f(A_0^2\, e^{-2\alpha z})\,dz,$$

α désignant le coefficient d'absorption des ultrasons et A_0 leur amplitude initiale. En posant $u = A_0^2\, e^{-2\alpha z}$ ceci peut s'écrire

$$\frac{I}{I_0} = -\int_{u_1}^{u_2} f(u)\,\frac{du}{2\alpha u},$$

ou, en posant $\int f(u)/u\,du = F(u)$,

$$2\alpha\frac{I}{I_0} = F(u_1) - F(u_2) = F(A_0^2\, e^{-2\alpha z_1}) - F(A_0^2\, e^{-2\alpha(z_1+h)}).$$

Le pinceau lumineux traversant le liquide successivement aux altitudes z et z', on peut déterminer expérimentalement les valeurs A_0 et A'_0 de l'ampli-

(¹) *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 226.

(²) R. Lucas et P. Biquard, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 2132; 195, 1932, p. 464, et *J. de Phys. et le Rad.* 3, 1932, p. 464; P. Debye et F. W. Sears, *Proc. Nat. Acad. Sc.*, 18, 1932, p. 409.

tude ultrasonore à émettre pour diffracter dans les deux cas la même quantité de lumière. Dans ces conditions, on a la relation

$$F(A_0^2 e^{-2\alpha z}) - F(A_0^2 e^{-2\alpha(z+h)}) = F(A_0'^2 e^{-2\alpha z'}) - F(A_0^2 e^{-2\alpha(z'+h)}),$$

égalité qui est satisfaite pour

$$A_0^2 e^{-2\alpha z} = A_0'^2 e^{-2\alpha z'};$$

d'où

$$\text{Log}\frac{A_0^2}{A_0'^2} = 2\alpha(z - z'),$$

D'une manière plus générale, pour une valeur déterminée du rapport I/I_0 des intensités de lumière incidente et diffractée, on a la relation suivante entre l'amplitude ultrasonore émise et l'altitude du faisceau lumineux : $2\alpha z - \text{Log}\,A^2 = \text{const.}$

On se fixe par conséquent une valeur arbitraire du rapport I/I_0, on détermine les valeurs A des amplitudes ultrasonores correspondantes pour chaque altitude z et le coefffcient α se déduit de la relation précédente.

En utilisant cette méthode, j'ai pu déterminer le coefficient d'absorption des ultrasons pour quelques liquides organiques. La valeur théorique de ce coefficient est donnée par la formule suivante :

$$\alpha = \frac{2\eta\omega^2}{3\rho V^3} + \frac{\alpha^2 KT\omega^2}{2\rho VJC^2},$$

où η est la viscosité, ω la pulsation des ultrasons, ρ la densité, V la vitesse de propagation du son, α le coefficient de dilatation à pression constante, K le coefficient de conductibilité calorifique, T la température absolue, J l'équivalent mécanique de la calorie et C la chaleur spécifique.

Le tableau ci-dessous donne les résultats des mesures effectuées à la température ordinaire pour la fréquence ultrasonore $N = 7,9578 \cdot 10^6$.

Corps.	θ.	α calculé.	θ.	α mesuré.
Toluène	20°	$0,497 \cdot 10^{-2}$	20°	$5,4 \cdot 10^{-2}$
Métaxylène	20	$0,78 \cdot 10^{-2}$	20	$4,7 \cdot 10^{-2}$
Acétate d'éthyle	15	$0,67 \cdot 10^{-2}$	15	$4,9 \cdot 10^{-2}$
Acétate de méthyle	20	$0,53 \cdot 10^{-2}$	17	$6,9 \cdot 10^{-2}$
Éther	20	$0,57 \cdot 10^{-2}$	18	$3,5 \cdot 10^{-2}$
Benzène	20	$0,54 \cdot 10^{-2}$	17	env. $58 \cdot 10^{-2}$
Chloroforme	20	$0,66 \cdot 10^{-2}$	18	env. $30 \cdot 10^{-2}$
Acétone	20	$0,44 \cdot 10^{-2}$	17	env. $2 \cdot 10^{-2}$

L'écart avec la théorie est donc considérable, le coefficient mesuré pouvant être jusqu'à 100 fois plus grand que le coefficient calculé. Il est intéressant de noter que des constatations analogues ont été faites sur

l'absorption du son dans les gaz notamment par Grossmann [1] et Kneser [2].

Dès à présent il semble important d'étudier comment varie α en fonction de la température et de la fréquence. Une nouvelle série de mesures est amorcée pour la fréquence $N = 4,7748 . 10^6$. Les premiers résultats obtenus pour le benzène et le toluène donnent respectivement pour ces corps à 21°

$$\alpha = 20,3 . 10^{-2} \qquad \text{et} \qquad \alpha = 2,6 . 10^{-2}.$$

La variation de α proportionnellement au carré de la fréquence semble donc se vérifier pour le benzène mais non pour le toluène. Toutefois des déterminations plus précises sont nécessaires avant de pouvoir tirer une conclusion.

SPECTROSCOPIE. — *Variation de l'intensité des radiations émises par un arc à vapeur de mercure à enveloppe de quartz pendant la période d'allumage.* Note de M. **Léon Grillet**, transmise par M. A. Cotton.

L'arc étudié est un arc à grand éclat alimenté en alternatif. En régime normal la consommation est de 400 watts, la différence de potentiel entre la cathode et les deux anodes est de 125 volts. Le tube à décharge est fermé du côté destiné à l'éclairage par un disque de quartz transparent à faces parallèles [3].

Je détermine photographiquement le rapport de l'intensité d'une raie émise par cet arc à celle de la même raie donnée par un arc à enveloppe de quartz alimenté en continu.

Pour faire cette comparaison, j'utilise le dispositif spectrographique à lentille cylindrique et diaphragme profilé décrit dans ce Recueil [4]. L'image de l'arc continu C est projetée directement sur la fente du spectrographe. L'arc alternatif A est projeté sur cette même fente, au moyen de la même lentille en utilisant un prisme à réflexion totale. Une deuxième lentille placée sur la fente projette l'image de la lentille de projection commune aux deux sources sur le diaphragme profilé placé entre le système dispersif et l'objectif du collimateur. Le diaphragme profilé comporte deux séries de gradins superposés. Dans chaque série, les gradins ont même hauteur et des largeurs croissant en progression géométrique. On exécute une série de poses de même durée en faisant croître les temps écoulés à partir de l'allu-

---

(1) E. Grossmann, *Ann. der Phys.*, 13, 1932, p. 681.

(2) H. O. Kneser, *Ann. der Phys.*, 16, 1933, p. 337.

(3) *Revue d'Optique théorique et instrumentale*, 10, 1931, p. 325.

(4) M. Duffieux et L. Grillet, *Comptes rendus*, 195, 192, p. 419.

mage de l'arc A. L'arc C qui sert de source de comparaison est allumé une heure avant son utilisation, son régime est alors stable. La tension à ses bornes est restée constante et égale à 41 volts pendant les différentes poses. L'émission lumineuse de cet arc est très sensiblement constante.

L'arc A est enfermé dans sa lanterne de tôle pourvue de quelques trous d'aération; de cette façon la ventilation de l'arc est régulière.

Une résistance fixe de 5 ohms est disposée en série avec le primaire du transformateur d'alimentation de façon à limiter la tension maximum entre la cathode et les anodes à une valeur voisine de la normale (125 volts). La région utilisée de l'arc est la région de plus grande brillance (arc vu en bout). Cette région est déterminée photographiquement au moyen du même dispositif optique.

La fente utilisée pour les différentes poses a une hauteur de 3^{mm} et une largeur de $1/10^{e}$ de millimètre. Les poses ont toutes une durée de $3/25^{e}$ de seconde. Les clichés ont été faits sur plaque Ilford Rapid Process.

On obtient sur les plaques photographiques deux séries de spectres qui correspondent à chacune des deux sources. Chaque série se compose de plages dont les éclairements sont proportionnels aux largeurs des gradins qui les forment. La mesure des densités de ces différentes plages, effectuée au microphotomètre Fabry et Buisson, permet de connaître pour chaque radiation étudiée :

1° Les courbes de noircissement de l'émulsion utilisée pour la région de plaque étudiée :

2° Les rapports α des intensités des raies émises par l'arc A et par l'arc C pour les différentes poses effectuées.

Résultats. — Variation de α en fonction du temps à partir de l'allumage de l'arc A.

Temps (en minutes).	Longueurs d'onde en Ångström 5791-70.	5461.	4358.	4077.	4046.	V (en volts).
0 (allumage)	–	–	0,11	–	–	–
$\frac{1}{4}$	–	0,21	0,25	–	0,29	55
$\frac{1}{2}$	–	0,36	0,39	–	0,50	–
$\frac{3}{4}$	0,50	–	–	–	–	–
1	–	0,50	0,51	–	0,56	60
1,5	0,63	0,6	0,6	–	0,61	–
2	1,82	0,83	1,01	1,05	1	65
2,5	3,43	1,91	1,62	2,63	1,95	75
3	6,17	3,32	2,42	4	2,34	90
3,5	9,55	3,51	2,98	4,9	3,01	100
4,5	10,36	4,03	3,8	6,16	3,84	120
5,5	11,75	4,85	3,9	8,33	3,76	130
6,5	12,74	4,95	4,52	10,8	4,06	130
8	13,06	4,8	4,42	11,5	4,26	131
10	12,45	4,8	4,17	10,9	4,37	128

V est la différence de potentiel entre la cathode et l'une des anodes. Cette valeur n'est donné qu'à titre d'indication car elle n'est pas égale en général à la différence de potentiel entre la cathode et l'autre anode.

En dehors de quelques anomalies, la variation du rapport α est bien régulière pour les différentes radiations. Cette variation est assez différente suivant l'origine de la radiation considérée. Pour le triplet de la série fine (5461-4358-4046) ce rapport a, à peu près, la même valeur pour les différentes radiations. Ce résultat est conforme aux mesures de différents auteurs faites par des méthodes différentes, pour des arcs en *régime permanent*.

La variation de α en fonction du temps est plus faible pour les raies de cette série que pour les raies jaunes 5791-70 et pour la raie violette 4077.

On peut remarquer d'autre part que le régime normal de fonctionnement de l'arc est atteint assez rapidement. Il est donc possible de faire fonctionner l'arc sous faible régime en dehors des périodes d'utilisation et d'éviter des extinctions et des allumages successifs qui sont la cause d'une diminution de durée de ces arcs.

DIFFUSION MOLÉCULAIRE. — *Sur le spectre Raman du nitrate de calcium.* Note (1) de MM. **E. Bauer**, **M. Magat** et **A. de Silveira**, présentée par M. J. Perrin,

Nous avons signalé (2) que la raie Raman 720 de l'ion NO^{3-} se dédouble dans les solutions très concentrées de certains nitrates, entre autres $Ca(NO^3)^2$ et nous avons interprété ce phénomène par une sorte d'effet Stark des ions Ca^{++} sur les ions NO^{3-}. M. Grassmann (3) publia à la même époque des observations analogues et chercha à les expliquer par la présence de molécules non dissociées $Ca(NO^3)^2$, ce qui n'est pas impossible à de telles concentrations. Nous avons entrepris une série d'expériences destinées à trancher entre ces deux hypothèses.

Pour pouvoir passer à des solutions plus diluées sans être gênés par le fond continu du brûleur, nous avons dû prendre un filtre au bleu Victoria B, décrit dans une Note précédente (4), où l'on trouvera un cliché obtenu

(1) Séance du 17 juillet 1933.

(2) A. de Silveira et E. Bauer, *Comptes rendus*, **195**, 1932, p. 416.

(3) *Zeitschrift fur Physik*, **77**, 1932, p. 616.

(4) M. Magat, *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1981.

pour un mélange $Ca(NO^3)^2$ — LiCl. Les temps de pose ont varié entre 200 et 600 heures; le bleu Victoria B a été renouvelé toutes les 24 heures. La concentration de nos solutions a été déterminée par analyse chimique.

On trouvera dans le tableau suivant les fréquences et, entre parenthèses, les intensités mesurées au microphotomètre Zeiss, des deux raies du doublet 720. Les intensités sont rapportées à celle de la raie 1050 cm^{-1}, que nous avons toujours ramenée à la valeur constante 20. Dans les solutions les plus diluées, les deux composantes du doublet ne sont pas nettement séparées; mais la courbe peut être analysée graphiquement. Il ne faut pas attribuer aux valeurs des intensités une précision supérieure à 15 pour 100.

Raies de l'ion NO^{3-}.

(N, concentration moléculaire en $Ca(NO^3)^2$; *n*, en autre sel.)

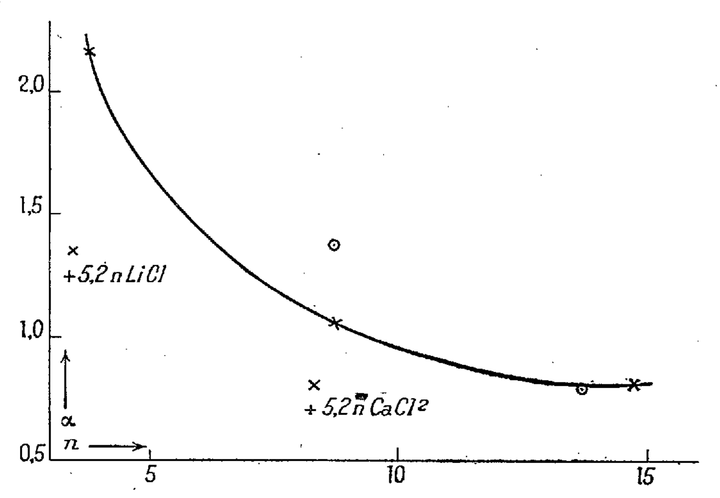
N = 14,7.	N = 8,8.	N = 3,8.	N = 8,5. $n_{CaCl^2} = 5,2$.	N = 3,5. $n_{LiCl} = 5,2$.
719 (4,1)	713 ± 3 (4,2)	717 (1,5)	721 ± 5 (1,2)	723 (1,5)
743 (5,0)	735 ± 3 (4,0)	729 (0,7)	744 ± 5 (1,5)	752 ± 4 (1,1)
1051 (20)	1050 (20)	1052 (20)	1050 (20)	1052 (20)
1352	1343	1338	1346	1353
1444	1439	1423	1444 ± 5	1431

Voici les conclusions que l'on peut tirer de ces nombres et de la figure ci-contre, où les abscisses représentent les concentrations moléculaires en $Ca(NO^3)^2$ et les ordonnées le rapport des intensités $\alpha = I_{720}/I_{740}$:

1° L'intensité relative totale du doublet par rapport à 1050 cm^{-1} diminue en même temps que la concentration.

2° Le rapport α augmente aussi bien par l'addition de LiCl que de $CaCl^2$. Déjà les résultats obtenus avec $CaCl^2$ paraissent difficilement s'accorder avec l'hypothèse de Grassmann, car il faudrait admettre qu'il existe dans la solution mixte, 8,5 fois normale en radicaux NO^3 presque autant de molécules neutres $Ca(NO^3)^2$ que dans la solution pure 14,7 fois normale. Mais les expériences sur LiCl montrent qu'il est impossible d'attribuer à des molécules neutres la composante 740. En effet, Grassmann ne l'a pas trouvée dans $LiNO^3$. La présence de LiCl ne pourrait avoir produit qu'un partage de l'ion $\overline{NO}^3$ entre $\overset{+}{Li}$ et $\overset{++}{Ca}$ et, par conséquent, une décomposition des molécules $Ca(NO^3)^2$ et un accroissement de α. Il s'agit donc probablement d'une déformation de l'ion $\overline{NO}^3$ par le champ électrostatique du cation. D'après la figure, il semble qu'en gros

les ions $\overset{++}{Ca}$ de $CaCl^2$ agissent à peu près comme ceux de $Ca(NO^3)^2$, tandis que les ions $\overset{+}{Li}$ ont une action environ deux fois plus faible, ce qui pourrait expliquer l'élargissement de la raie 720 observé par Grassmann dans les solutions de $LiNO^3$. Nos résultats s'accordent bien avec la théorie de



Les abscisses des points ⊙ représentent le nombre total de cations par litre; celles des points ×, le nombre des ions NO^3.

Placzek, d'après laquelle la raie 720 serait dégénérée et interdite. Un champ électrique intense, en détruisant la symétrie de la matrice de déformation, peut lever l'interdiction et la dégénérescence.

Ce phénomène doit être d'autant plus net que le champ des ions positifs sur les négatifs est plus intense, c'est-à-dire que la concentration augmente. C'est bien ce que nous vérifions : le rapport de l'intensité totale du doublet à celle de 1050 passe de 1/9 à 1/2 quand la concentration varie de 3,8 *n* à 14,7 *n*-

On pourrait contrôler l'interprétation que nous donnons des faits en déterminant le degré de dépolarisation de la raie 720, qui devait être 6/7 si la dégénérescence n'était pas levée.

Des expériences sur une solution de $Sr(NO^3)^2$ saturé n'ont montré qu'un élargissement de la raie 720, conformément aux résultats de Grassmann (1).

---

(1) *Zeitschr. f. Phys.*, 82, 1933, p. 765.

RADIATIONS. — *Sur le calcul des taux de polarisation de radiations émises par résonance.* Note de M. **Paul Soleillet**, transmise par M. P. Weiss.

La polarisation des radiations émises par résonance optique dans les vapeurs métalliques est en liaison avec la structure hyperfine des raies de résonance, qui dépend à la fois des divers isotopes en présence dans le corps et du moment nucléaire de chacun d'eux. Aussi divers auteurs ont calculé, à partir des données connues de la structure hyperfine, les taux de polarisation à prévoir dans diverses conditions expérimentales et comparé les résultats de leurs calculs à ceux des expériences correspondantes. C'est ainsi que Mitchell (¹) utilisant des formules de Van Vleck (²) a donné pour certaines raies de résonance le taux de polarisation P en fonction de l'angle θ que fait le vecteur électrique de la radiation excitatrice, supposée polarisée rectilignement, avec le champ magnétique H, la direction d'observation étant perpendiculaire à H.

Or dans un travail antérieur (³), moyennant des hypothèses très générales, j'ai pu montrer que les divers résultats d'observations provenant de conditions expérimentales les plus variées pouvaient se ramener à la connaissance de paramètres en nombre très réduit. Ainsi dans le cas traité par Mitchell, la fonction P de θ ne doit contenir qu'un seul paramètre qui caractérise à lui seul le cas particulier posé. Il m'a paru intéressant d'utiliser les formules de Van Vleck pour mettre en évidence d'une façon directe ce résultat.

Le phénomène le plus général consiste en une absorption de radiation, faisant passer l'atome de l'état E à l'état E′, suivie d'une émission, ramenant l'atome à l'état E″. La multiplicité de ces niveaux est responsable de la structure hyperfine de la raie. Désignons par h ce qui se rapporte à l'une des composantes hyperfines. En présence du champ magnétique H, le niveau hyperfin E'^h est décomposé en n niveaux ($n = 2f'_h + 1$). Désignons par a un de ces niveaux. L'arrivée à ce niveau a pu s'effectuer de trois façons différentes : par absorption d'un quantum polarisé rectilignement suivant H, ou d'un quantum polarisé circulairement perpendiculairement à H et tournant soit à droite soit à gauche. A chacun de ces passages correspond res-

---

(¹) *Physical Review*, 38, 1931, p. 473; 40, 1932, p. 964.

(²) *Proceedings of the national Academy of Science*, 11, 1925, p. 612.

(³) *Annales de Physique*, 12, 1929, p. 23.

pectivement une probabilité $P_1(a)$, $P_0(a)$, $P_2(a)$. De même l'émission se fera dans trois circonstances analogues auxquelles correspondent les probabilités $p_1(a)$, $p_0(a)$, $p_2(a)$. Ces nombres sont donnés par les formules de Kronig [1] et de Hönl [2]. On a d'une part

$$p_1(a)+p_0(a)+p_2(a)=p, \qquad P_1(a)+P_2(a)+P_3(a)=P,$$

p et P ne dépendant pas de a dans E'^h et d'autre part

$$\Sigma_a p_1=\Sigma_a p_0=\Sigma_a p_2=\frac{np}{3}, \qquad \Sigma_a P_1=\Sigma_a P_0=\Sigma_a P_2=\frac{nP}{3}.$$

Désignons par I_1, I_0, I_2 les intensités correspondant à chacune des formes de polarisation de la lumière émise, les formules utilisées par Mitchell sont pour chaque composante hyperfine :

$$I_1=k\mathfrak{J}_h\varpi_h\Sigma_a p_1\left\{P_1\cos^2\theta+\frac{P_0+P_2}{2}\sin^2\theta\right\},$$
$$I_3=\frac{I_0+I_2}{2}=k\mathfrak{J}_h\varpi_h\Sigma_a\frac{p_0+p_2}{2}\left\{P_1\cos^2\theta+\frac{P_0+P_2}{2}\sin^2\theta\right\}.$$

$\mathfrak{J}_h$ est l'intensité de la composante hyperfine, polarisée rectilignement, qui a été absorbée. k est une constante indépendante de la composante hyperfine tandis que $\overline{\omega}_h$ est un poids statistique qui dépend à la fois de l'isotope, de sa concentration dans le corps et de la normalisation des quantités p et P. Si l'expérience porte sur l'ensemble ou une partie des composantes, il faudra ajouter les quantités relatives à chacune de celles-ci. On aura ainsi

$$I_1=k(A\cos^2\theta+B\sin^2\theta), \qquad I_3=k(C\cos^2\theta+D\sin^2\theta).$$

Les quantités A, B, C, D ne sont pas indépendantes. On peut montrer en effet que $B=C=2D-A$. Ces relations résultent des relations analogues entre les quantités

$$A_0=\Sigma_a p_1 P_1, \qquad B_0=\Sigma_a p_1\frac{(P_0+P_2)}{2},$$
$$C_0=\Sigma_a\frac{(p_0+p_2)}{2}P_1, \qquad D_0=\Sigma_a\frac{(p_0+p_2)}{2}\frac{(P_0+P_2)}{2},$$

relations qui deviennent évidentes par la substitution de $P-P_1$ à P_0+P_2.

---

[1] *Zeitschrift für Physik*, 31, 1925, p. 885.
[2] *Zeitschrift für Physik*, 31, 1925, p. 340.

Le degré de polarisation $\mathfrak{P} = I_1 - I_3/I_1 + I_3$ est donné par l'expression

$$\mathfrak{P} = \frac{3\cos^2\theta - 1}{\cos^2\theta + \frac{3D - A}{A - D}}.$$

Cette formule ne contient qu'un paramètre. Il n'y figure que le rapport des quantités

$$A = \Sigma_h \mathfrak{J}_h \varpi_h \Sigma_a p_1 P_1, \qquad D = \Sigma_h \mathfrak{J}_h \varpi_h \Sigma_a \frac{(p_0 + p_2)}{2} \frac{(P_0 + P_2)}{2}.$$

Elle montre en particulier la validité générale de la relation

$$\frac{1}{\mathfrak{P}(0)} = \frac{2}{\mathfrak{P}\left(\frac{\pi}{2}\right)} - 1.$$

Avec les notations utilisées la théorie se généralise facilement au cas d'une excitation par de la lumière circulaire. Il ne s'introduit qu'une nouvelle quantité

$$G = \Sigma_h \mathfrak{J}_h \bar{\omega}_h \Sigma_a \frac{(p_0 - p_2)}{2} \frac{(P_0 - P_2)}{2}.$$

RADIOACTIVITÉ. — *Émissions d'électrons positifs par le rayonnement γ du* Ra(B + C). Note de M. **Grinberg**, présentée par M. Jean Perrin.

Il a été montré que les rayons γ de Po + Be et du Th C″ d'énergies respectivement égales à 5.10^6 eV et $2,65.10^6$ eV émettent des électrons positifs lorsqu'ils irradient une lame de plomb.

Sur le conseil de M. et Mme Joliot, j'ai recherché si les rayons γ les plus pénétrants du RaC donnent lieu au même phénomène.

La méthode employée dans ces expériences est celle des trajectoires de brouillard de Wilson. Un disque de plomb de 2^{mm} d'épaisseur et 18^{mm} de diamètre logé dans une cavité de la paroi de la chambre de l'appareil est irradié par un faisceau fortement canalisé de rayons γ émis par une source de 100^{mg} de Ra. Un champ magnétique de 250 gauss est établi suivant l'axe de l'appareil.

Le spectre d'énergie des rayons γ du Ra étant très étendu ($0,29.10^6$ eV à $2,2.10^6$eV) (1), nous avons filtré par $3^{cm},5$ de plomb de façon à augmenter

(1) Skobelzyn, *Zeitschrift für Phys.*, 9, 1929, p. 595.

l'importance relative des rayonnements les plus pénétrants. L'énergie moyenne des photons après filtration est supérieure à $1,5.10^6$ eV.

Nous avons observé 4 électrons positifs pour 129 négatifs. Les énergies de ces électrons sont respectivement 0,089, 0,38, 0,38, $0,62.10^6$ eV.

L'énergie maximum des électrons négatifs observés est de $1,7.10^6$ eV, en accord avec l'énergie quantique des rayonnements γ les plus pénétrants du Ra.

Les résultats numériques sont en accord avec l'hypothèse qui a été faite par I. Curie et F. Joliot pour expliquer le mécanisme de l'émission de ces électrons (1). Un photon rencontrant un noyau lourd créerait deux électrons de signes contraires ce qui exigerait une dépense d'énergie minimum de $1,02.10^6$ eV. L'électron positif le plus énergique que nous observons ($0,62.10^6$ eV) peut correspondre à un photon d'énergie minimum $1,63.10^6$ eV, ce qui est dans les limites d'énergie du spectre γ du Ra.

La très faible proportion d'électrons positifs indique que la probabilité d'émission varie dans le même sens que l'énergie du photon qui la provoque. Cette proportion était de 40 électrons positifs par 100 électrons négatifs avec Po + Be ($5,10^6$ eV), de 8 pour 100 avec le Th C″ ($2,65.10^6$ eV) (2); elle n'est avec le Ra que de 3 pour 100 (1 à $2,2.10^6$ eV).

Les résultats sont de plus en accord avec l'hypothèse suivant laquelle l'émission des électrons positifs est liée au phénomène d'absorption nucléaire. Celle-ci est environ deux fois plus grande pour les rayons γ du Th C″ que pour ceux du Ra (B + C) filtrés par 3^{cm} de plomb. Le nombre d'électrons positifs émis respectivement par ces deux rayonnements sont approximativement dans le même rapport.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur le ralentissement des rayons α. Comparaison entre la théorie et l'expérience.* Note (3) de M. **G. Mano**, présentée par M. Jean Perrin.

Le ralentissement des rayons α au cours de leur passage à travers la matière a fait récemment l'objet de plusieurs travaux théoriques fondés sur

(1) *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1581; Anderson et Neddermeyer, *Phys. Rev.*, **43**, 1933, p. 1034.

(2) I. Curie et F. Joliot, *loc. cit.*

(3) Séance du 17 juillet 1933.

la Mécanique ondulatoire (¹). Les résultats de ces travaux se résument par l'équation différentielle de Bethe-Bloch :

$$(1)\quad -\frac{dT}{dx}=\frac{4\pi z^2 e^4 NZ}{mv^2}\left[\log\frac{2mv^2}{\overline{E}}-\frac{1}{2}\log\left(1-\frac{v^2}{c^2}\right)-\frac{v^2}{2c}+\psi(1)-\mathcal{R}\psi\left(1+i\frac{2\pi z e^2}{hv}\right)\right],$$

où $-dT/dx$ est le taux de la diminution de l'énergie cinétique des particules α au cours de leur trajet x dans le corps absorbant, $\overline{E}$ *une énergie moyenne d'excitation* de l'atome, ψ la dérivée logarithmique de la fonction Γ et $\mathcal{R}\psi$ la partie réelle de ψ. Sous sa forme complète (1), l'équation de Bethe-Bloch ne semble pas intégrable en toute rigueur; on peut cependant l'intégrer par approximations successives. En effet, le premier terme qui figure dans la parenthèse : $\log 2mv^2/\overline{E}$ est très supérieur à la somme de tous les autres termes. Si l'on néglige ces derniers, on pourra intégrer l'équation (1) simplifiée sous la forme

$$(2)\quad x=A\overline{E}^2\left[Li\left(\frac{4m^2v_0^4}{\overline{E}^2}\right)-Li\left(\frac{4m^2v^4}{\overline{E}^2}\right)\right],$$

Li étant le symbole du logarithme intégral et A une constante définie par

$$A=\frac{M}{32\pi z^2 e^4 m NZ}.$$

Une fois l'intégration faite, on pourra corriger la valeur (2) de x en effectuant une sommation approchée des termes complémentaires.

Les valeurs numériques des constantes figurant dans les équations (1) et (2) sont toutes bien connues, à l'exception de celle de l'énergie moyenne d'excitation $\overline{E}$. Celle-ci ne peut être calculée que par diverses méthodes d'approximation donnant jusqu'à présent des résultats assez discordants. Bethe, par exemple, calcule $\overline{E}$ en assimilant les atomes absorbants à des atomes hydrogénoïdes. Bloch calcule $\overline{E}$ en appliquant les conceptions statistiques de Fermi, ces dernières ne s'appliquant évidemment qu'aux atomes contenant un grand nombre d'électrons. Bloch trouve ainsi que $\overline{E}$ est proportionnel au numéro atomique Z :

$$(3)\quad \overline{E}=\alpha Z,$$

mais ne calcule pas la valeur du coefficient de proportionnalité. Il est

(¹) H. BETHE, *Ann. der Phys.*, 5, 1930, p. 325, et *Zeits. f. Phys.*, 76, 1932, p. 293; F. BLOCH, *Ann. der Phys.*, 16, 1933, p. 285, et *Zeits. f. Phys.*, 81, 1933, p. 363.

cependant à prévoir que les valeurs de E calculées ainsi doivent être très supérieures à celles de Bethe.

On peut comparer ces travaux théoriques aux données expérimentales que l'on possède à ce sujet. Nous utiliserons pour cela nos propres expériences (¹) concernant le ralentissement des rayons α dans H_2, He, air, Ne, A, les expériences de S. Rosenblum (²) pour le ralentissement des rayons α dans les métaux, les expériences de Gurney (³) et de Harper et Salaman (⁴) relatives aux « pouvoirs d'arrêts » de Kr, Xe, N_2 et O_2. La comparaison donne les résultats suivants :

1° Tant que la vitesse des rayons α n'est pas trop faible et à condition de choisir une valeur empirique convenable pour $\bar{E}$, les courbes expérimentales de ralentissement suivent aussi exactement que possible l'équation (2).

2° Les valeurs empiriques de $\bar{E}$ définies par les courbes expérimentales sont (⁵) :

Corps absorbant.	Z.	$\bar{E}$ (en volts).	Corps absorbant.	Z.	$\bar{E}$ (en volts).
1/2 H^2	1	16,0	Zn	30	340
He	2	34,5	Kr	36	390
Li	3	38	Mo	42	445
1/2 N^2	7	81	Pd	46	490
Air	7,23	87	Ag	47	490
1/2 O^2	8	99	Cd	48	495
Ne	10	132	Sn	50	500
Al	13	155	Xe	54	530
A	18	195	Pt	78	790
Ni	28	325	Au	79	780
Cu	29	320	Pb	82	800

Pour H^2 et He, les valeurs empiriques de $\bar{E}$ ne diffèrent pas beaucoup des valeurs théoriques de Bethe. Pour les corps lourds, les valeurs empiriques sont très supérieures à celles de Bethe mais ne semblent pas

(¹) Les résultats relatifs à l'air et à l'hydrogène ont été publiés (cf. *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 1235, et **197**, 1933, p. 47).

(²) *Ann. de Physique*, **10**, 1928, p. 408.

(³) *Proc. Roy. Soc.*, A, **107**, 1925, p. 340.

(⁴) *Proc. Roy. Soc.*, A, **127**, 1930, p. 175.

(⁵) Ces valeurs correspondent à l'équation (2) corrigée. Les valeurs correspondant à l'équation non corrigée seraient un peu plus élevées (de 10 pour 100 environ).

incompatibles avec celles que pourrait donner le calcul de Bloch. Pour les grands numéros atomiques $\overline{E}$ semble bien à peu près proportionnel à Z, ainsi que l'exige l'équation (3).

3° L'équation (2), avec la valeur empirique de $\overline{E}$, s'applique aux courbes expérimentales de ralentissement tant que la vitesse v des rayons α reste supérieure à $2v_c$, v_c étant la vitesse critique qui annule l'expression (1) de $-dT/dx$.

Nous reviendrons sur la question dans un article d'ensemble qui sera publié prochainement.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'influence de la température sur les limites d'inflammabilité de quelques vapeurs combustibles.* Note de MM. **M. Briand**, **P. Dumanois** et **P. Laffitte**, transmise par M. H. Le Chatelier.

La plupart des déterminations, faites jusqu'ici sur les variations avec la température des limites d'inflammabilité de mélanges d'air et de vapeurs de carbures d'hydrogène, sont relatives à des carbures gazeux à la température ordinaire. Il était intéressant au point de vue de la théorie des moteurs à explosion d'étudier ce phénomène pour un certain nombre de carbures liquides à la température ordinaire.

Les résultats rapportés dans la présente Note sont relatifs au benzène ($d_4^{20} = 0,8787$; $t_{\text{éb.}}^{754} = 79,8\text{-}80,1$), au toluène ($d_4^{20} = 0,8654$; $t_{\text{éb.}}^{751} = 109,6\text{-}110,0$), au cyclohexane ($d_4^{20} = 0,7792$; $t_{\text{éb.}}^{748} = 80,2\text{-}80,5$), au cyclohexène ($d_4^{16} = 0,8141$; $t_{\text{éb.}}^{745} = 82,3\text{-}82,6$). Les mesures étaient faites par la méthode de Yannaquis [1] : on introduit une quantité déterminée de carbure liquide dans un récipient en verre Pyrex (hauteur, 45^{cm} ; diamètre, 9^{cm}) chauffé électriquement, et à la partie supérieure duquel on fait jaillir une étincelle électrique après vaporisation du carbure.

Les résultats des mesures sont résumés par le tableau ci-dessous, dans lequel L_i et L_s désignent respectivement les limites inférieure et supérieure d'inflammabilité (pourcentage volumétrique de carbure gazeux dans le mélange air-carbure) :

---

(1) Yannaquis, *Ann. Comb. Liq.*, 2, 1929, p. 303.

	I. — Benzène.		II. — Toluène.		III. — Cyclohexane.		IV. — Cyclohexène.	
t° C.	L_i.	L_s.	L_i.	L_s.	L_i.	L_s.	L_i.	L_s.
100....	1,37	5,32	1,26	4,44	1,16	4,34	1,22	4,81
150....	1,26	5,41	1,17	4,50	1,10	4,56	1,12	4,96
200....	1,20	5,47	1,03	4,61	1,01	4,77	1,03	5,06
250....	1,13	5,58	0,92	4,57	0,95	4,98	0,96	5,20
300....	–	–	–	4,41	–	–	–	–

D'après les valeurs portées sur ces tableaux, les variations des limites inférieures avec la température sont linéaires, comme l'a observé White (1) pour un assez grand nombre de gaz combustibles. En extrapolant pour la température ordinaire, on obtient les mêmes valeurs que celles qui ont été déterminées directement par différents auteurs (2).

Pour les limites supérieures les variations sont encore linéaires, sauf cependant dans le cas du toluène. Pour ce carbure, aux températures supérieures à 200°, non seulement la loi de variation de la limite supérieure d'inflammabilité n'est plus linéaire, mais le pourcentage de toluène dans le mélange limite décroît au lieu d'augmenter. Ceci doit provenir, comme dans les autres cas où ce phénomène a été observé, d'une combustion lente précédant l'inflammation.

Pour le benzène, des mesures avaient déjà été faites par Berl et Fischer (3). Ces auteurs ont obtenu des valeurs assez différentes des nôtres, tant pour la limite inférieure que pour la limite supérieure; de plus les variations de ces limites ne suivent pas du tout la loi linéaire. Or il faut remarquer que ces auteurs ne donnent aucune caractéristique physique du carbure qu'ils ont utilisé, de sorte que nous ignorons son degré de pureté. D'autre part, pour les autres substances qu'ils ont étudiées, ils obtiennent des valeurs fort différentes de celles qui ont ensuite été obtenues par White (*loc. cit.*). De plus ils opéraient dans des tubes étroits (diamètre 27^{mm}) pour lesquels la limite d'inflammabilité dépend du diamètre, comme l'a observé White. Enfin nos valeurs, pour la limite inférieure, s'alignent avec la limite déterminée par White à la température ordinaire.

(1) *J. Chem. Soc.* **121**, 1922, p. 2561; **127**, 1925, p. 672.

(2) Voir Coward et Jones, *U. S. Bureau of Mines*, Bull. n° **279**, 1931.

(3) *Z. Elektroch.*, **30**, 1924, 29.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Coefficient de volatilité de l'acide chlorhydrique dans l'éther anhydre.* Note de M. **T. Mounajed**, transmise par M. G. Urbain.

Dans une Note précédente ([1]), nous avons étudié la conductibilité électrique équivalente des solutions d'acide chlorhydrique dans l'éther anhydre et nous avons constaté que, pour les fortes concentrations (vers 5 mol.-gr. d'acide, par litre), cette conductibilité équivalente croît très rapidement avec la concentration. Pour interpréter ce résultat, nous avons émis l'hypothèse de la formation d'ions complexes, combinaisons des molécules HCl avec les ions Cl^- ou H^+.

Nous avons cherché à vérifier cette hypothèse par l'étude du coefficient de volatilité de l'acide chlorhydrique dans l'éther anhydre. Ce coefficient est défini par le rapport des concentrations (rapportées à un poids constant, 1^{kg}, par exemple, de chacune des deux phases considérées) de l'acide dans les deux phases en équilibre mutuel (sous la pression atmosphérique) vapeur et solution.

Nous avons utilisé, pour cette détermination, la méthode mise au point par M. P. Jaulmes ([2]) qui a mis ses appareils à notre disposition.

Nous avons obtenu les résultats suivants :

Concentration de l'acide en mol.-gr. par kilogramme de la solution..........	0,32	0,98	1,15	1,77	3,43	5,33	6,30	7,07
Coefficient de volatilité...	1,00	1,07	1,08	1,15	1,42	1,95	2,00	2,16

On voit que l'accroissement, avec la concentration de la solution, du coefficient de volatilité, d'abord lent, pour les faibles concentrations, s'accentue ensuite (ce qui peut s'interpréter par la perturbation du milieu solvant au point de vue de la volatilité des molécules dissoutes HCl *non ionisées*, dans la phase liquide) puis s'atténue pour les fortes concentrations (vers 6 mol.-gr. par kilogramme de solution, soit, environ, 5 mol.-gr. par litre, donc pour les concentrations qui correspondent à la montée presque verticale de la conductibilité équivalente) ce qui semble vérifier notre hypothèse de la formation d'ions complexes.

([1]) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 44.

([2]) P. Jaulmes, *Thèse*, Montpellier, 1932; *J. Chim. Phys.*, **29**, 1932, p. 403.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Adsorption par le charbon de quelques phénols et de quelques polyalcools en solution aqueuse.* Note de M. **Raymond Amiot**, présentée par M. C. Matignon.

Nous avons étudié l'adsorption par le charbon en poudre de quelques polyalcools et de quelques phénols pris en solution aqueuse. Le charbon était du charbon animal (marque Merck), contenant 0,7 pour 100 de cendres, les alcools et les phénols étaient des produits garantis purs des établissements Merck.

A 20^{cm^3} de la solution aqueuse de la substance organique, on ajoutait une masse *m* voisine de 100^{mg} de charbon. Après agitation de quelques heures et centrifugation, on comparait, au moyen d'un réfractomètre interférentiel, l'indice de réfraction de la solution ainsi obtenue à celui de la solution initiale. Un étalonnage préalable de l'interféromètre pour chaque substance permettait de connaître la concentration de la substance organique dans la solution en équilibre, avec une précision de l'ordre de 0,2 pour 100.

Par une expérience préalable, nous nous sommes assurés, qu'après une agitation prolongée, 1^g du charbon utilisé n'abandonnait à 20^{cm^3} d'eau aucune impureté soluble appréciable à l'interféromètre. Aucune correction n'était donc nécessaire pour tenir compte du faible résidu de cendres du charbon.

Dans le tableau suivant, x représente le poids en milligrammes de substance contenu dans 100^{cm^3} de solution après adsorption, et y le poids en milligrammes de substance adsorbée rapportée à 1^g de charbon.

Glycérine.		Érythrite.		Mannite.		Saccharose.	
x.	y.	x.	y.	x.	y.	x.	y.
28,1	3,1	22,9	4,4	19,4	10,5	19,8	88,5
127,9	12,4	45,5	9,0	23,5	12,9	68,7	113,0
151,8	14,5	69,7	12,1	39,5	19,5	182,9	133,0
306,8	23,9	79,9	13,4	83,2	30,7	431,3	150,0
425,7	31,5	92,6	14,7	174,1	45,0	840,0	157,1
609,9	38,1	187,7	24,6	890,9	109,1	1009,0	158,2
3143	89,4	317,0	36,2	1873,7	126,1	3392,5	163,4
5012	106,0	1011	69,2	2910	135,0	—	—

Phénol.		Orthocrésol.		Métacrésol.		Paracrésol.	
x.	y.	x.	y.	x.	y.	x.	y.
3,8	128,3	10,0	187,5	1,8	105,8	2,3	96,7
37,4	186,7	129,7	259,3	9,0	200,8	7,7	186,9
148,8	225,4	364,7	307,9	87,2	263,3	116,7	270,2
389,2	267,7	631,0	320,0	285,2	304,8	471,6	316,0
893,5	305,1	—	—	—	—	—	—
1915,9	352,3	—	—	—	—	—	—
3595	370,0	—	—	—	—	—	—

Gaïacol.		Pyrocatéchine.		Résorcine.		Orcine.	
x.	y.	x.	y.	x.	y.	x.	y.
11,5	218	2,8	103,5	5,2	107,6	16,2	204,0
54,5	306	38,7	195,6	32,2	172,1	40,0	230,9
238,1	354	154,7	236,8	193,9	202,5	178,2	265,6
634,0	392	547,6	270,2	621,4	233,3	474,0	296,1
1431	458	1219,7	291,3	1720,1	250,2	1185,7	316,6

A partir des résultats contenus dans le tableau précédent, il est aisé de construire les isothermes d'adsorption :

1° A mesure que x croît, y augmente et tend nettement vers une limite. Toutefois, si l'on représente $\log y$ en fonction de $\log x$ ou $1/y$ en fonction de $1/x$, les points obtenus ne se placent sur des droites, conformément aux formules de Freundlich ou de J. Perrin, que pour des concentrations d'équilibre inférieures en moyenne à 1 pour 100. Pour des concentrations supérieures, les points obtenus s'écartent des droites et se disposent sur des courbes qui s'incurvent vers l'axe des x.

La formule

$$y=\frac{a x^n}{1+b x^n} \quad \text{ou} \quad \log\frac{y}{\frac{a}{b}-y}=n\log x+\log b,$$

indiquée par Chakravarti et Dhar [1], est en meilleur accord avec nos résultats.

2° Pour des composés répondant à des formules du même type, les isothermes s'échelonnent dans l'ordre des poids moléculaires croissants. C'est ce que l'on constate pour : *a*. la glycérine, l'érythrite, la mannite, le saccharose ; *b*. le phénol, les crésols, le gaïacol ; *c*. la résorcine et l'orcine.

---

(1) Chakravarti et Dhar, *Koll. Zeitschrift*, **43**, 1927, p. 377.

3° Pour les composés à fonction alcoolique étudiés, les isothermes d'adsorption sont caractérisées par une même valeur limite de y.

4° En substituant aux valeurs de x et de y définies précédemment les concentrations moléculaires $x' = x/M$, $y' = y/M$, on constate que les isothermes relatives à la résorcine et à l'orcine sont sensiblement confondues.

EFFET RAMAN ET CHIMIE. — *La liaison acétylénique. Étude d'une série de carbures 2-acétyléniques.* Note de Mlle **B. Gredy**, présentée par M. C. Matignon.

Dans une précédente Note (¹), j'ai étudié le spectre Raman de 11 carbures acétyléniques bisubstitués; tous ces carbures présentent *deux* raies caractéristiques de la liaison acétylénique, dans la région 2200-2300 cm^{-1}.

Dans la série grasse, les fréquences étaient toujours très voisines de 2233 et 2293 cm^{-1}, sauf pour l'octyne-2 et le nonyne-2, qui ont donné 2233-2303 cm^{-1}, soit un élargissement de 10 cm^{-1} du doublet acétylénique. De plus, ces deux carbures présentaient deux autres raies fortes à 378 et 1380 cm^{-1}.

J'ai voulu vérifier si ces caractéristiques étaient générales pour les carbures de formule $CH^3 - C \equiv C - R$. J'ai donc préparé les carbures suivants : butyne-2, pentyne-2, hexyne-2, heptyne-2 et j'en ai fait le spectre.

Les résultats obtenus sont les suivants :

Butyne-2 : $CH^3 - C \equiv C - CH^3$.

212 f fl	695 f	**1383** F	**2238** F	2923 TF
351 tf	773 tf	1441 } bande	**2316** m	2961 tf fl
375 F	971 f	1455 } af	2862 m	2996 af

Pentyne-2 : $C^2H^5 - C \equiv C - CH^3$.

302 aF	500 m	954 m	**1380** F	**2238** F	2922 F
380 F	695 af	1063 aF	1439 } bande	**2304** m	2943 m
440 f	784 f	1323 aF	1456 } aF	2861 m	2983 m l

Hexyne-2 : $C^3H^7 - C \equiv C - CH^3$.

288 af fl	561 f	1033 m fl	1232 f	1333 m	**2238** F	2940 f
343 f	688 f	1073 f	1265 af	**1383** F	**2304** m	2968 af
373 F	858 m	1100 m	1281 f	1439 } m	2876 f fl	–
481 f	891 m	1155 tf	1301 f	1453 }	2924 F	–

(¹) Gredy, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1119.

Heptyne-2 : $C^4H^9 - C \equiv CH - CH^3$.

291 F	804 f	934 f	1300 m	1439 } bande		2864 af
309 f	817 f	1047 m fl	1331 m	1453 }	aF	2876 af
374 F	881 f	1107 m	**1382** F	**2235** F		2922 F
396 f	900 f	1147 f	–	**2303** m		2963 m

Conclusions. — 1° L'influence du groupe méthyle, qui s'était fait sentir par un élargissement du doublet caractéristique de la triple liaison dans les carbures 2-acétyléniques, se manifeste doublement dans le butyne-2 et l'on a cette fois-ci un élargissement de 20 cm^{-1} (2238-2316 cm^{-1} au lieu de 2235-2303 cm^{-1} chez les 2-acétyléniques et de 2233-2293 cm^{-1} chez les autres carbures bisubstitués).

2° On retrouve, dans le spectre de tous ces carbures les deux raies fortes 376 et 1381 cm^{-1} déjà signalées. Leurs fréquences sont d'une fixité remarquable. Elles permettent de distinguer nettement ces carbures de tous les autres.

Note. — L'un des carbures préparés, l'heptyne-2, n'avait été qu'incomplètement décrit jusqu'à présent (1). Je l'ai préparé par action du sulfate diméthylique sur l'hexyne sodé, suivant la méthode de M. Bourguel (2), avec un rendement de 70 pour 100.

Ses constantes sont les suivantes :

$$\text{Eb.} = 111^\circ,5 - 112^\circ,5, \quad n^{\text{D}}_{21} = 1,4208, \quad d_{21} = 0,748.$$
$$R_M \text{ trouvé} = 32,55, \quad R_M \text{ théor.} = 32,524$$

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Influence de l'azote actif sur certaines réactions d'oxydation.* Note (3) de M. **M. Prettre.**

Les mélanges secs d'oxyde de carbone et d'air s'enflamment spontanément à la pression atmosphérique au-dessus de 655° (4). La réaction explosive n'est pas instantanée, quand on porte les gaz à cette température; elle exige une période d'induction de quelques secondes, durant laquelle une luminosité bleue assez intense est visible au sein du mélange gazeux. Il est

(1) Béhal, *Ann. Chimie*, 6e série, **15**, 1888, p. 427.
(2) *Ann. Chimie*, 10e série, **3**, 1925, p. 332.
(3) Séance du 17 juillet 1933.
(4) M. Prettre et P. Laffitte, *Comptes rendus*, **188**, 1929, p. 1403.

cependant possible d'obtenir l'explosion spontanée des mêmes mélanges à des températures bien inférieures à 655° en substituant à l'azote de l'air, de l'azote partiellement activé par l'étincelle électrique. Les expériences ont été réalisées de la manière suivante :

Un débit régulier d'azote très soigneusement desséché et purifié est envoyé sous la pression atmosphérique à travers l'étincelle condensée fournie par un transformateur de 20000 volts. Au delà de l'étincelle, l'azote émet la luminescence jaune caractéristique de sa forme active, comme l'avait observé lord Rayleigh (1) sous la même pression. Le gaz présente, même quand il n'est plus lumineux, les propriétés spéciales de l'azote activé; il réagit en particulier sur l'acétylène en donnant de l'acide cyanhydrique.

Au delà de l'étincelle, le courant d'azote est mélangé à un courant d'oxygène sec, dont le débit est toujours quatre fois moindre, et à un courant d'oxyde de carbone pur. Le mélange combustible ainsi réalisé est introduit dans un récipient en silice placé au centre d'un four électrique, qui le maintient à une température uniforme suffisant à provoquer la réaction explosive. Les canalisations, qui relient le tube à étincelles au récipient de combustion, peuvent être énergiquement refroidies, afin d'éviter tout apport de chaleur de l'étincelle au mélange combustible.

La température d'inflammation T d'un mélange de concentration donnée en oxyde de carbone décroît, quand diminue le temps t mis par l'azote à passer de l'étincelle dans le récipient de combustion. Voici les résultats obtenus pour un mélange titrant en volumes : 40,0 pour 100 CO, 12,0 pour 100 O^2, 48,0 pour 100 N^2 :

t (secondes).......	supérieur à 0,5.	0,20.	0,15.	0,08.
T......................	655° à 620°	560°	520°	450°C.

Lorsque l'azote est remplacé par l'argon, l'inflammation se produit toujours aux environs de 650°, que l'argon soit soumis ou non à l'étincelle électrique. Les mêmes dispositifs de dessiccation et d'absorption de l'oxygène étaient utilisés pour la purification de l'azote et de l'argon, ce dernier gaz devant être débarrassé en outre par le calcium de l'azote qu'il contient. L'abaissement des températures d'inflammation n'est donc pas dû aux impuretés contenues initialement dans l'azote ou à leurs produits de dissociation par l'étincelle.

---

(1) Lord Rayleigh (R. J. Strutt), *Proc. Roy. Soc.*, **92**, A, 1916, p. 438.

L'azote activé n'est luminescent à la pression atmosphérique que pendant un intervalle de temps inférieur à 0,05 seconde; il ne l'est donc plus au moment de son arrivée dans le récipient de combustion. Lorsqu'on envoie l'oxyde de carbone et l'oxygène dans la zone de luminescence, on obtient l'inflammation sans qu'aucun chauffage extérieur soit nécessaire. Mais, malgré un refroidissement très énergique des électrodes et de l'azote à sa sortie de l'étincelle, il est possible que certaines molécules de ce gaz soient encore à une température élevée en arrivant au point de mélange. La soudure d'un couple électrique fin placé en ce point indique toutefois une température moyenne de 90° environ. Enfin, ici encore, le remplacement de l'azote par l'argon supprime toute inflammation.

Ces résultats prouvent que l'azote actif facilite considérablement l'oxydation de l'oxyde de carbone. Ils sont à rapprocher de ceux obtenus par MM. Jolibois et Lefebvre ([1]), qui ont constaté que l'azote actif, en évoluant vers la forme normale, catalyse la décomposition de l'oxyde de carbone en gaz carbonique et carbone.

Il faut signaler aussi que Bone et ses collaborateurs ([2]) ont obtenu, dans la combustion sous pression des mélanges d'oxyde de carbone, d'oxygène et d'azote, des quantités d'oxyde azotique bien supérieures à celles que donnerait le simple équilibre thermique à la température maximum atteinte par les gaz durant l'explosion.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action de divers sucres sur la réaction des solutions de molybdate de sodium.* Note ([3]) de M. **Pierre Thomas** et Mlle **C. Kalman**, présentée par M. G. Urbain.

Dans une Note précédente ([4]), nous avons montré que l'acidification des solutions de borax sous l'action de divers sucres cesse d'avoir lieu en même temps pour les huit sucres étudiés, lorsque la solution initiale de borax a une acidité correspondant à pH = 3. Il nous a semblé intéressant de voir si un phénomène analogue se manifeste en présence de corps dont l'action

---

([1]) *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 853.

([2]) Bone et collaborateurs, *Proc. Roy. Soc.*, 103, A, 1923, p. 205 et 222; 110, A, 1926, p. 634; 115, A, 1927, p. 41. Voir aussi : Townend et Outridge, *Proc. Roy. Soc.*, 139, A, 1933, p. 74; Newitt et Lamont, *Proc. Roy. Soc.*, 139, A, 1933, p. 83.

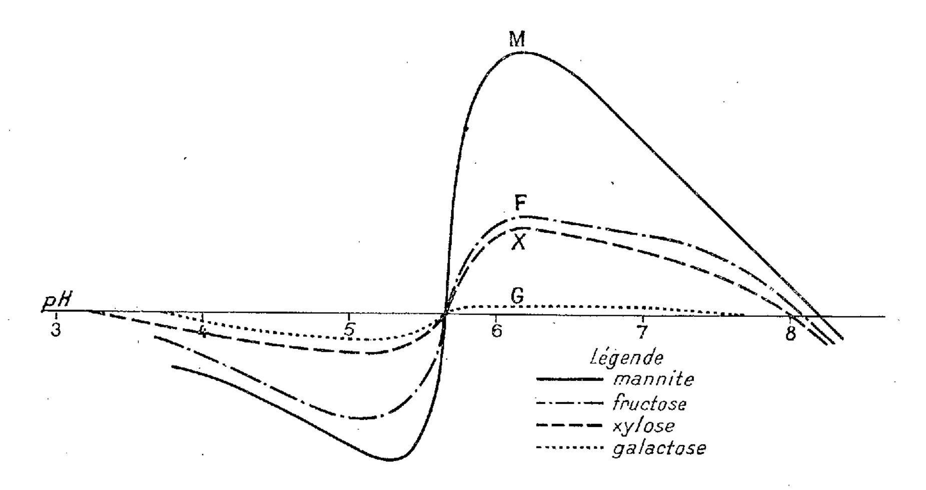
([3]) Séance du 12 juin 1933.

([4]) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1672.

sur les sucres est semblable à celle du borax. Nous avons examiné à ce point de vue les molybdate et tungstate de sodium, dont l'action sur le pouvoir rotatoire de la mannite a été indiquée par Klein et par Gernez.

Les premiers essais nous ont montré que, pour ces deux corps, l'addition d'un sucre à la solution faiblement acide en augmente l'acidité, tandis que si le milieu est alcalin, il y a exagération de la réaction alcaline. Le phénomène est beaucoup plus marqué avec le molybdate qu'avec le tungstate. N'ayant trouvé dans la littérature aucune trace d'une pareille observation, il nous a paru nécessaire d'en faire une étude plus détaillée, en nous limitant d'abord au cas du molybdate.

Nous avons choisi comme sucres le fructose, le xylose et le galactose, auxquels nous avons joint la mannite, qui exerce une action très marquée. La solution de molybdate a été obtenue en dissolvant l'acide molybdique dans la soude, à 40-50°, de façon à avoir une concentration M/6. La réaction acide obtenue directement correspondait à pH = 5,5. Pour déplacer la réaction vers l'acidité ou l'alcalinité, on ajoutait HCl $n/10$ ou NaOH $n/10$. Nous sommes ainsi partis de solutions dont le pH était échelonné entre 3,2 et 9,5. La mannite et les sucres y étaient dissous dans une concentration de M/6 et le pH résultant déterminé comme dans notre recherche précédente avec le borax.



En portant sur une ligne horizontale les pH de la solution primitive de molybdate et en ordonnées, à une échelle correspondante, les variations tantôt positives, tantôt négatives observées, on obtient le graphique ci-contre, qui exprime bien les résultats de nos expérience (voir figure) :

1° Avec une solution de molybdate de pH = 5,65, la mannite et les sucres n'exercent aucune action sur la réaction de celle-ci, ni dans un sens, ni dans l'autre;

2° Pour une faible variation vers l'acidité, les substances ajoutées provoquent une plus forte acidité (avec la mannite, le pH de 5,5 passe à 5,1). Inversement, si le pH initial se déplace vers l'alcalinité, l'addition des sucres produit l'alcalinisation (la solution de pH = 5,8 additionnée de mannite passe à pH = 7,2). Dans les deux sens, cette action passe par un maximum, puis décroît. Pour un pH voisin de 8 (l'erreur expérimentale ne permet pas de préciser davantage), elle semble s'annuler de nouveau pour tous les sucres et la mannite;

3° L'ordre d'activité décroissante est : mannite, fructose, xylose, galactose. La fonction chimique ne paraît donc pas jouer un rôle, ni le nombre des OH alcooliques, car le galactose a une action très faible.

Ce qui nous paraît le plus intéressant est l'existence d'un même point d'inflexion pour toutes les substances employées, au delà duquel il y a mise en liberté d'ions H, alors que du côté opposé il se forme des ions OH. Il y a là, croyons-nous, un fait nouveau assez curieux, qui ne trouve pas son explication dans l'hypothèse facile d'une formation d'esters molybdiques et que des déterminations physico-chimiques précises, impossibles à exécuter par nous en raison de l'insuffisance de notre outillage, pourraient sans doute élucider.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la nitration de la cellulose*. Note [1] de M. **A. Bouchonnet**, Mme **Trombe** et Mlle **Petitpas**, présentée par M. Georges Urbain.

Quand on met en contact de la cellulose avec de l'acide nitrique pur ou légèrement étendu, elle se rétracte superficiellement et se durcit. La pénétration de l'acide nitrique est ainsi ralentie et son action nitrante diminuée. C'est ainsi que si l'on cherche à obtenir une trinitrocellulose $[C^6H^7O^2(NO^3)^3]$, on obtient une teneur en azote de 13,3 pour 100 au lieu de 14,14, et le coton-poudre final garde la rigidité acquise au cours de la nitration.

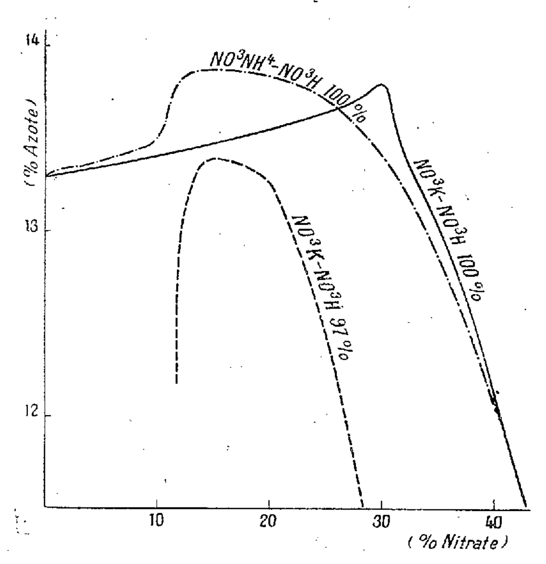
---

(1) Séance du 10 juillet 1933.

Nous avons montré, dans une étude précédente (¹), que l'addition à l'acide azotique de certains déshydratants, tels que l'anhydride acétique, permet de préparer des trinitrocelluloses au chiffre théorique de 14,14 pour 100 d'azote. Ces celluloses nitrées au maximum conservent, dans ce cas, leur aspect primitif et leur souplesse.

La quantité d'eau formée pendant la nitration étant très faible par rapport à la quantité de bain employée, nous avons pensé que l'anhydride ajouté n'avait pas seulement une action de déshydratation. Nous avons alors cherché à remplacer les déshydratants par des sels minéraux convenablement choisis.

Nous avons fait des nitrations en partant de mélanges, en proportions variables, d'acide nitrique pur ou hydraté et de sels non déshydratants (nitrates ou sulfates). Au préalable, nous avons déterminé la solubilité de différents nitrates et sulfates dans l'acide nitrique pur (à 99,9 pour 100 de



Variation du °/₀ d'azote de la Nitrocellulose avec le °/₀ de Nitrate.

NO^3H) et dans l'acide à 97 pour 100 de NO^3H. Nous avons trouvé les maxima de solubilité suivants : NO^3Na, 10 pour 100; NO^3K, 50 pour 100; NO^3NH^4, 55 pour 100. Les coefficients de solubilité sont sensiblement les mêmes dans les deux variétés d'acide nitrique. Certaines dissolutions se font avec un dégagement de chaleur important qui indiquerait, notamment

(¹) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 63.

pour le nitrate de potassium [1] la formation d'un composé avec l'acide nitrique.

Nitration en présence de sels minéraux. — Des bains de nitrations ont été constitués en dissolvant en différentes proportions : 1° dans l'acide à 99,9 pour 100; 2° dans l'acide à 97 pour 100, successivement du nitrate de sodium, de potassium et d'ammonium.

Les nitrations ont été effectuées dans les conditions suivantes :

Trempage pendant 1 heure 30 minutes à 30°;

Rapport du poids de bain au poids de cellulose : 50;

Stabilisation à l'eau pure à l'ébullition : 50 heures sans interruption.

L'azote a été dosé par la méthode de Lunge.

Les courbes ci-dessus donnent les taux d'azote des cotons-poudres obtenus, en fonction des concentrations des sels employés dans l'acide nitrique.

Dans les nitrations de la cellulose par des mélanges d'acide nitrique et de sels, les courbes de variations du taux d'azote en fonction de la teneur du bain en nitrate sont caractérisées par une augmentation de ce taux d'azote, jusqu'à un maximum de 13,7 à 13,87 pour 100 (suivant les sels employés). L'abaissement de la teneur en azote est ensuite très rapide. Pour les maxima obtenus, et notamment dans le cas du nitrate de potassium, les nitrocelluloses présentent des propriétés physiques normales; le coton après nitration a conservé son aspect et sa souplesse initiaux.

En résumé, l'emploi de l'acide nitrique à 99,9 pour 100 en présence de sels minéraux permet d'obtenir des nitrocelluloses très riches en azote (13,87 pour 100 alors que le maximum théorique est 14,14 pour 100). Avec l'acide commercial à 97 pour 100, suivant la teneur en nitrate, on peut préparer des cotons-poudres à teneur en azote un peu plus faible.

Actuellement, les nitrations industrielles se font au moyen de bains sulfonitriques. On constate que les mêmes résultats peuvent être obtenus en incorporant dans l'acide nitrique concentré des sels métalliques appropriés.

---

(1) Ditte, *Comptes rendus*, 89, 1879, p. 640; Wells, *Am. Chem. J.*, 26, 1901, p. 271; Groschuff, *Ber. d. chem. G.*, 37, 1904, p. 1486; Malquori, *Chem. Abst.*, 23, 1929, p. 757.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Obtention de quelques éthers-sels de la chlorhydrine sulfurique ou de l'acide sulfureux.* Note de M. **R. Levaillant**, transmise par M. Urbain.

I. Par action des alcools correspondants sur le chlorure de sulfuryle, j'ai préparé les chlorosulfonates suivants :

1° *Chlorosulfonate de butyle normal* $ClSO^3.CH^2.CH^2.CH^2.CH^3$ (rendement 77 pour 100). — C'est un liquide incolore, lacrymogène, qui bout à 76°-77° sous 13^{mm}, ou à 59° sous 3^{mm} environ. $d_0^0 = 1,250$; $d_0^{22°} = 1,225$. (Analyse : C pour 100, trouvé 27,75; théorique 27,81. H pour 100, trouvé 5,35; théorique 5,25. S pour 100, trouvé 18,57; théorique 18,58. Cl pour 100, trouvé 20,73; théorique 20,54.)

2° *Chlorosulfonate d'amyle normal* $ClSO^3.CH^2.CH^2.CH^2.CH^2.CH^3$ (rendement 80 pour 100). — Liquide lacrymogène bouillant à 75°-76° sous 4^{mm} environ. $d_0^0 = 1,206$; $d_0^{19°} = 1,185$.

L'alcool amylique normal employé a été obtenu par le trioxyméthylène et le bromure de butylmagnésium. On a en outre, dans cette action, isolé du formal diamylique $CH^2(O.CH^2.CH^2.CH^2.CH^2.CH^3)^2$, liquide bouillant à 99°-101° sous 14^{mm}, de densité $d_0^0 = 0,855$ ou $d_0^{23°} = 0,837$. (Analyse : C pour 100, trouvé 69,90; théorique 70,14. H pour 100, trouvé 12,77; théorique 12,85.)

3° *Chlorosulfonate de chloro-3-propyle* $ClSO^3.CH^2.CH^2.CH^2Cl$ (à partir du chloro-3-propanol-1) (rendement 68 pour 100). — Liquide bouillant à 85° sous 4^{mm} environ. $d_0^0 = 1,483$; $d_0^{22°} = 1,456$. (Analyse : S pour 100, trouvé 16,63; théorique 16,61. Cl pour 100, trouvé 36,88; théorique 36,74).

4° *Chlorosulfonate de dichloro-2.3-propyle* $ClSO^3.CH^2.CHCl.CH^2.Cl$ (à partir de la dichlorhydrine non symétrique de la glycérine) (rendement 75 pour 100). — C'est un liquide qui bout à 122°-123° sous 15^{mm} ou à 97°-98° sous 3^{mm},5 environ. $d_0^0 = 1,609$; $d_0^{20°,5} = 1,582$. (Analyse : S pour 100, trouvé 14,03; théorique 14,09. Cl pour 100, trouvé 46,98; théorique 46,76).

Le chlorosulfonate de propyle normal étant peu stable, on pouvait s'attendre à ce que ses homologues supérieurs le fussent encore moins. Il n'en est rien; les chlorosulfonates de butyle normal et d'amyle normal sont

moins fragiles que le chlorosulfonate de propyle. Dans la série des cinq premiers éthers chlorosulfoniques des alcools normaux $C^nH^{2n+1}OH$, la stabilité passe par un minimum pour $n = 3$.

Les chlorosulfonates de butyle normal et d'amyle normal se décomposent toutefois peu à peu à la température ordinaire, avec dégagement d'acide chlorhydrique. La présence d'atomes de chlore dans les radicaux alcooliques augmente la stabilité ; les chlorosulfonates de chloro-3-propyle et de dichloro-2.3-propyle se conservent mieux. Au bout d'un an, par exemple, ce dernier n'est qu'assez peu altéré ; il redonne la plus grande partie du corps pur par simple distillation dans le vide.

II. Par action du chlorure de thionyle sur les alcools correspondants, j'ai préparé les éthers sulfureux mentionnés ci-après. J'ai, dans chaque cas, introduit très lentement et à froid (glace) le chlorure dans l'alcool, et chauffé enfin jusqu'à 100°.

1° *Sulfite diamylique normal* $SO^3(CH^2.CH^2.CH^2.CH^2.CH^3)^2$ (rendement 60 pour 100). — Liquide bouillant à 134° sous 13^{mm}. $d_0^0 = 0,989$; $d_0^{20°,5} = 0,972$.

2° *Sulfite diheptylique normal* $SO^3(CH^2.CH^2.CH^2.CH^2.CH^2.CH^2.CH^3)^2$ (rendement 70 pour 100). — Liquide bouillant à 181° sous 13^{mm}. $d_0^0 = 0,959$; $d_0^{21°} = 0,942$. (Analyse : trouvé pour 100, C 60,06; H 10,85; S 11,57; théorique, C 60,36; H 10,86; S 11,52.)

3° *Sulfite symétrique de β-brométhyle* $SO^3(CH^2.CH^2Br)^2$ (rendement 47 pour 100). — Liquide bouillant à 158°-159° sous 13 à 14^{mm}. $d_0^0 = 1,959$; $d_0^{20°,5} = 1,927$. (Analyse : trouvé pour 100, C 16,19; H 2,75; S 10,72; Br 54,17; théorique, C 16,22; H 2,72; S 10,83; Br 54,00.)

4° *Sulfite symétrique de chloro-3-propyle* $SO^3(CH^2.CH^2.CH^2Cl)^2$ (rendement 70 pour 100). — Liquide bouillant à 161°-162° sous 13^{mm}. $d_0^0 = 1,333$; $d_0^{19°} = 1,313$. (Analyse : trouvé pour 100, C 30,58; H 5,16; S 13,58; Cl 30,34; théorique, C 30,63; H 5,14; S 13,64; Cl 30,16.)

5° *Sulfite symétrique de dichloro-2.3-propyle* $SO^3(CH^2.CHCl.CH^2Cl)^2$ (rendement 85 pour 100). — Liquide bouillant à 175° sous 4^{mm} environ. $d_0^0 = 1,529$; $d_0^{23°,7} = 1,501$. (Analyse : trouvé pour 100, C 23,74; H 3,34; S 10,46; Cl 46,73; théorique, C 23,68; H 3,31; S 10,55; Cl 46,65.)

III. *Tableau de réfractions moléculaires* M_D (*pour la raie* D). — Les colonnes n_D et *d* contiennent l'indice et la masse spécifique (tous deux pris à t^o) qui ont servi à établir M_D expérimentale.

Substance.	t^o.	n_D.	d.	M_D exp.	M_D théorique.
$ClSO^3(CH^2)^3.CH^3$	23°,1	1,4245	1,224	36,02	35,79
$ClSO^3(CH^2)^4.CH^3$	19°	1,430	1,185	40,68	40,41
$ClSO^3CH^2CH^2CH^2Cl$	23°	1,457	1,455	36,13	36,04
$ClSO^3.CH^2.CHCl.CH^2Cl$	20°,5	1,481	1,582	40,92	40,91
$H^2C[O(CH^2)^4CH^3]^2$	24°	1,4145	0,836	56,32	56,28
$SO^3[(CH^2)^4CH^3]^2$	22°	1,435	0,971	59,72	59,54
$SO^3[(CH^2)^6CH^3]^2$	23°	1,443	0,941	78,39	78,01
$SO^3(CH^2.CH^2Br)^2$	20°,5	1,525	1,927	47,07	47,36
$SO^3(CH^2.CH^2.CH^2Cl)^2$	13°	1,480	1,319	50,63	50,80
$SO^3(CH^2.CHCl.CH^2Cl)^2$	23°	1,509	1,502	60,43	60,53

Les réfractions moléculaires théoriques (dernière colonne) ont été calculées : 1° pour les chlorosulfonates, à partir de la réfraction moléculaire expérimentale 21,94 du chlorosulfonate de méthyle [1]; 2° pour le formal diamylique, à partir de la formule; 3° pour les sulfites, à partir de la réfraction moléculaire expérimentale 31,83 du sulfite diéthylique (tables de Landolt-Börnstein).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur une nouvelle réaction colorée des aldéhydes.* Note de M. **P. Rumpf**, présentée par M. G. Urbain.

F. Kehrmann et M. Sandoz [2] ont étudié au moyen du spectrographe l'action des acides, en milieu anhydre, sur le triphénylcarbinol et ses dérivés aminés en para : il résulte de leurs recherches que la fixation, sur les sels simples, d'une ou de plusieurs molécules supplémentaires d'acide, annule l'influence, sur la position de la bande d'absorption dans le visible, d'un nombre égal de groupements aminés. Quel que soit l'acide fort utilisé, pour des pH négatifs on obtient toujours un spectre identique à celui des sels de triphénylcarbinol. En présence d'eau, il se produit une décoloration qui masque certains virages intermédiaires.

D'autre part, l'action des aldéhydes sur les colorants aminés primaires et secondaires fournit des dérivés substitués à l'azote nettement différents par leurs teintes et par leurs basicités des produits primitifs. L'étude

(1) *Comptes rendus*, **187**, 1928, p. 732.
(2) *Ber. d. chem. G.*, **51**, 1918, p. 468-474 et 915-922.

détaillée de ces questions et le cas très particulier de l'acide sulfureux (réaction de Schiff) seront provisoirement laissés ici de côté.

Les travaux de Sörensen [1], et surtout ceux de Schiff [2], sur le titrage des acides aminés en présence d'un excès de formol, on montré que l'aldéhyde tendait à fournir avec l'amine un produit très faiblement basique et par suite à libérer le radical acide. Autour de deux ou trois fonctions amine dans la même molécule, cette sorte de compétition est particulièrement nette entre les aldéhydes et un acide de force moyenne ou dilué par un solvant anhydre convenable, suffisamment ionisé cependant pour faire franchir au colorant toute la série des virages possibles.

J'ai cherché à utiliser cet ensemble de phénomènes dans un but analytique, pour mettre en évidence par une réaction colorée l'activité variable du groupement aldéhyde :

On laisse réagir à froid une goutte ou deux d'aldéhyde sur quelques centimètres cubes d'une solution, préparée au moment de l'emploi, de 2 à 3^{mg} de chlorhydrate de rosaniline dans 25^{cm^3} d'acide formique anhydre (98-100 pour 100). La réaction permet surtout de distinguer les aldéhydes aromatiques proprement dits, des aldéhydes qui, pouvant éventuellement posséder un noyau au bout d'une chaîne grasse, présentent cependant l'ensemble de propriétés souvent attribué à une forme énol.

La bande d'absorption du réactif jaune a son maximum dans le très proche ultraviolet et empiète sur le visible jusque vers 4900 Å.

On peut distinguer quatre cas principaux :

1° Le formol et le chloral donnent immédiatement une bande d'absorption bien délimitée, entièrement dans le visible (max. 5480 Å pour le formol ; teinte rouge-fuchsine ; cf. Denigès, *Comptes rendus*, t. **150**, 1910, p. 529. L'acide sulfureux n'est pas nécessaire).

2° Avec les aldéhydes aromatiques, et plus généralement ceux dont le carbonyle est directement fixé sur un carbone tertiaire (aldéhyde triméthylacétique), la teinte change très peu pour l'œil, mais gagne en vivacité. Pour les aldéhydes éthyléniques $\alpha\beta$ (sauf l'acroléine) le changement de nuance vers l'orangé est à peine plus marqué. Dans les deux cas on observe au spectrographe des modifications notables : le maximum d'absorption peut dépasser dans le visible 4500 Å et paraît correspondre à des mélanges, en proportions variables, du sel primitif et de composés présentant un maximum vers 4800 Å.

3° Avec tous les aldéhydes dont le carbonyle est fixé sur un groupement primaire, il y a peu à peu recoloration en vert, lente pour les deux ou trois premiers termes de

---

(1) *Biochem. Zeitsch.*, **7**, 1907, p. 45-101.

(2) *Lieb. Ann.*, **310**, 1899, 25-44; **319**, 1901, p. 59-76.

la série grasse (max. 6270 Å). Par addition d'eau, on peut isoler successivement deux bases faibles : la première, violette (max. vers 5600 Å), semble apparentée au colorant mauve soluble de la réaction de Schiff; l'autre, d'un bleu pur (max. vers 5980 Å), a vraisemblablent une constitution analogue à celle du « bleu de Lauth à l'aldéhyde ». La formation d'un tel produit a été signalée aussi par M. François et E. Boismenu (¹) dans l'action de l'acroléine sur le réactif de Schiff.

4° Avec l'acroléine (à l'exclusion de ses dérivés β substitués) et en général tous les aldéhydes qui ne possèdent qu'un hydrogène en α, même réaction, mais plus rapide.

Les polymères, les dérivés bisulfitiques et tous les produits qui en milieu sec et acide peuvent fournir des aldéhydes gras, ne fût-ce qu'à l'état de traces, ont même action que l'aldéhyde correspondant : le trioxyméthylène (insoluble dans le réactif) et l'hexaméthylènetétramine (soluble) agissent par dissociation comme le formol; le paraldéhyde et le métaldéhyde comme l'éthanol; l'hydrate de chloral comme le chloral lui-même.

Les essais systématiques ont porté sur une quarantaine d'aldéhydes différents, sur d'autres acides et des colorants voisins de la fuchsine comme le violet de Dœbner. L'étude de quelques mélanges a pu être abordée et s'est montrée complexe, mais non inextricable. L'application aux essences est difficile, certains constituants terpéniques pouvant être décomposés et fournir le produit de condensation bleu. A cette exception près, les faits précédents présentent une grande généralité et la réaction 3 notamment semble tout à fait spécifique des aldéhydes indiqués.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Distinction de l'antimoine trivalent et pentavalent par formation d'iodostibinate d'antipyrine.* Note de M. **P. Duquénois**, présentée par M. A. Béhal.

De nombreux corps organiques précipitent les ions d'antimoine. Caille et Viel (²) ont montré que l'antipyrine, dissoute avec KI, forme un réactif de bonne conservation, donnant avec les solutions chlorhydriques d'antimoine un précipité jaune, avec celles de bismuth un précipité rouge brique, observables à une grande dilution. J'utilise cette propriété dans des recherches sur la fixation d'acide antimonieux par les acides-alcools. Chaque émétique obtenu ainsi donne le précipité jaune d'or.

Ayant préparé des composés par fixation d'acide antimonique sur les acides-alcools, je n'ai pas obtenu de précipité jaune, mais un précipité rouge brique. En opérant avec des solutions très diluées, on observe une coloration jaune non instantanée, puis le précipité rouge orangé ou brique

(¹) *J. Pharm. Chimie*, 7ᵉ série, 11, 1915, p. 49-68.
(²) *Comptes rendus*, **176**, 1923, p. 1759.

apparaît. Outre qu'il permet de déceler des traces d'antimoine, le réactif indique donc du même coup si Sb est tri- ou pentavalent.

J'ai étudié la réaction avec divers composés d'antimoine :

1. *Du degré d'oxydation de* Sb^2O^3 :

Trichlorure d'antimoine.................... précipité jaune d'or

2. *Du degré d'oxydation de* Sb^2O^5.

a. $SbCl^5$ ou acide antimonique en solution chlorhydrique : précipité rouge orangé en milieu dilué, brun chocolat en milieu concentré.

b. Antimoine diaphorétique lavé Codex : précipité rouge brique.

c. Pyroantimoniate acide de potassium : aucun précipité en milieu neutre. En milieu chlorhydrique, précipité rouge brique.

d. Soufre doré d'antimoine : traité par HCl à chaud pour le dissoudre, puis par le réactif, précipité jaune d'or. Cette exception ne peut étonner car Sb^2S^5 est décomposé par HCl et ramené au degré d'oxydation précédent.

Restait à expliquer le mécanisme de cette réaction spéciale à l'antimoine pentavalent. On sait qu'en milieu chlorhydrique, les antimoniates libèrent l'iode des iodures alcalins, tandis que les antimonites sont inactifs. J'ai pensé que deux phénomènes se superposaient :

a. Une libération d'iode, avec réduction de Sb^{+++++} à l'état de Sb^{+++}.

b. Une précipitation d'iodostibinate jaune, grâce à Sb^{+++} formé.

En réalité les choses sont plus compliquées. Dès que l'on ajoute HCl au mélange d'antimoniate et de réactif, une partie des ions Sb^{+++++} passe à l'état d'ions Sb^{+++} et une quantité équivalente de I^2 se forme aux dépens des ions I^-. Mais l'iode ne peut être mis en évidence : il se combine immédiatement à l'antipyrine pour donner de l'iodoantipyrine incolore. La solution est cependant jaune et légèrement trouble : les ions Sb^{+++} tendant à former de l'iodostibinate d'antipyrine. Si l'on continue à ajouter HCl, le précipité d'iodostibinate jaune se dissout, tandis que grâce à la présence de KI, l'iodoantipyrine se décompose et abandonne un précipité brun, devenant pâteux, et que J. Bougault a considéré comme un periodure d'antipyrine [1].

Conclusions. — La réaction de Caille et Viel donne avec l'ion antimonieux un précipité jaune d'or et avec l'ion antimonique un précipité rouge

---

[1] *Pharmacie et Chimie*, 7e série, 15, 1917, p. 338, et 7e série, 20, 1919, p. 248.

brique. Celui-ci ne peut être confondu avec un iodobismuthate. Traité par le sulfure de sodium en milieu sulfurique, il ne donne en effet aucun précipité de sulfure métallique. Il est identique au periodure d'antipyrine signalé par J. Bougault.

GÉOLOGIE. — *Sur la présence de la flore à* Gigantopteris nicotinœfoliæ *dans le Haut-Laos et sur la stratigraphie des Indosinides*. Note [1] de M. **Jacques Fromaget**, transmise par M. Ch. Jacob.

Au cours de l'hiver dernier, j'ai recueilli des renseignements sur les formations gréso-schisteuses lagunaires et continentales qui couvrent tout le Laos septentrional,

Ces sédiments, du Carbonifère supérieur au Lias, m'ont donné notamment une belle succession fossilifère à Sop Pong, sur les rives mêmes du Nam Ou. La voici dans l'ordre descendant :

4° Schistes gris, rubéfiés à *Clathropteris* sp. Eboulis et végétation.

3° Puissante alternance de schistes verdâtres, de schistes avec charbon contenant sur toute sa hauteur : *Gigantopteris nicotinœfoliæ* et *Pecopteris hemitelioides*, formes asiatiques ou eurasiatiques, et, à différents niveaux, des espèces spéciales qui permettent de la diviser en 3 zones :

c. Une zone supérieure caractérisée par l'apparition d'une espèce du Permotrias des Gondwanas : *Schizoneura gondwanensis* et par une forme triasique *Neuropteridium* aff. *N. polymorphum;*

b. Une zone moyenne très épaisse, contenant : *Cordaïtes* cf. *principalis*, *Phyllotheca ?* cf. *deliquescens* et *Odontopteris ?* (*Callipteris ?*) cf. *laceratifoliæ*, du Permien de l'Eurasie;

a. Une zone inférieure caractérisée par *Protoblechnum Wongii*, espèce localisée dans le Permien inférieur du Shansi.

2° Schistes noirs avec nombreux Lamellibranches voisins de *Carbonicola ovalis* (*Naiadites sopsongensis* Mansuy) du Permien de la Chine.

1° Bancs de grès grossiers gris ou verdâtres.

Cette *série du Nam Ou* appartient au Permo-carbonifère (1 et 2) au Permien (3*a* et 3*b* et au Permo-trias ou au Trias inférieur (3*c*), puis au Trias moyen ou au Carnien (4).

La couche 3*c montre par l'association d'une espèce nettement triasique et de la première forme du Permo-trias des Indes dans les flores de l'Indochine que des relations étaient établies entre les deux continents au Trias inférieur.* — Dans tout le Haut-Laos, ces formations sont toujours plissées et

(1) Séance du 17 juillet 1933.

même poussées vers l'Est; elles supportent en discordance les autres formations, d'abord légèrement plissées, mais progressivement subhorizontales, dont il sera question un peu plus loin. Vers le Sud, à partir de la région de Muong Ngoi, elles s'enrichissent rapidement en lentilles calcaires (Permien à *Neoschwagerina Douvillei* ou Ouralien à *Schwagerina princeps*) et viennent reposer avec elles sur des porphyrites ouraliennes ayant un substratum de grès quartzites gris, laminés, dévoniens ou plus anciens.

Vers l'Est, la série du Nam Ou admet une intercalation marine de calcschistes avec schistes noirs contenant sur le Nam Ma Ho (Tonkin) : *Marginifera spinulocostata* et *Athyris protea* var. *subtilita* du Permien de Chine et d'Arménie.

Plus à l'Est encore, au sud-ouest de Laichau, cette série est remplacée par des rhyolites s'appuyant sur des porphyrites qui reposent à leur tour sur des granites carbonifères; l'ensemble très écrasé est poussé vers l'Est au-dessus du Trias de la vallée du Nam Lai.

Venant aux éléments subhorizontaux plus élevés, ils sont sensiblement les mêmes de Laichau jusqu'au delà de Phong Saly. Leur succession au-dessus des couches à *Clathropteris* est la suivante : grès, puis schistes à *Anodontophora Münsteri* (de Saint Cassian), passant latéralement à des argiles et des grès violets ou verts.

Puis, on trouve, à Phong Saly et Chang Fu Tsu, des schistes noirs, gris, bruns ou jaunâtres avec grès verts et charbon, qui ont donné à Ch. Jacob et L. Dussault : *Schizoneura gondwanensis*, *Glossopteris indica*, *Pecopteris tonkinensis*, *Alethopteris phegopteroïdes*, *Dictyophyllum obsoleta*, *Pinnites dubio*, et, en outre à moi-même : *Gigantopteris* sp., tous éléments ne permettant pas de placer ces formations au-dessus du Norien. Elles ont comme équivalent latéral la base salifère à *Esteria Zeilli* du terrain rouge : argiles alternant avec quelques bancs de grès, qui se continuent au Rhétien et au Lias par une série plus gréseuse qu'argileuse avec à Huong A Hin un fossile probablement rhétien : *Goniomya bisinuata*.

Voici un tableau résumé de la stratigraphie de ces séries, dites Indosinides du Haut-Laos.

	Bas Nam Ou.	Haut-Laos septentrional.	Tonkin occidental.
Lias et Rhétien	Terrain rouge supérieur à *Goniomya bisinuata*		
Norien	Terrain rouge inférieur à *Estheria Zeilli*	Série de Phong Saly à *Glossopteris indica*	Terrain rouge inférieur
Base du Trias supérieur et Trias moyen ?	Grès, argiles violettes et vertes ?	Schistes à *Anodontophora Münsteri* Discordance Schistes à *Clathropteris*	Schistes à *An. Münsteri* Grès arkose
Permien	Calcaires à *Neoschwagerina Douvillei* ? Calcaires à *Schwagerina princeps*	Série du Nam Ou à *Gigantopteris nicotinæfoliæ*: *c*. Couches à *Neuropteridium* et *Schizoneura gondwanensis* *b*. Couches à *Cordaites* Cf. *principalis* *a*. Couches à *Protoblechnum Wongii*	Couches du Nam Ma Ilo à *Marginifera spinulocostata* Rhyolites
Ouralien	Porphyrites	Schites à *Carbonicola* cf. *ovalis* ?	Porphyrites

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Composantes périodiques dans les ondes de Love.* Note (¹) de Mme **Y. Labrouste**, présentée par M. Ch. Maurain.

Rappelons que le début des ondes superficielles de tremblements de terre inscrites par les pendules horizontaux est formé d'ondes de Love auxquelles se superposent ensuite des ondes de Rayleigh. Les premières sont formées de vibrations rectilignes normales au plan de propagation (plan vertical passant par la station et l'épicentre) tandis que les ondes de Rayleigh sont des oscillations elliptiques contenues dans ce plan. Les ondes de Love sont facilement séparées des dernières par une méthode de projection utilisant les graphiques enregistrés par deux pendules orientés à 90° l'un de l'autre. La recherche de composantes périodiques dans les ondes de Love a été effectuée sur une telle projection pour le séisme de Formose, du 1er septembre 1922, inscrit à Uccle.

Les résultats obtenus sont analogues à ceux que l'analyse a fournis dans le cas des ondes de Rayleigh (²) : on trouve un nombre limité de composantes périodiques séparées par des lacunes.

La figure donne d'une part, une reproduction du graphique (G), d'autre part un certain nombre de composantes, I, II, III, IV d'amplitude notable et V, VI, VII, VIII de moindre importance (dans la région considérée). L'ensemble de ces composantes fournit une synthèse S qui reproduit de façon satisfaisante le graphique G; la différence entre ces deux courbes constitue le reste R qui est en général très petit.

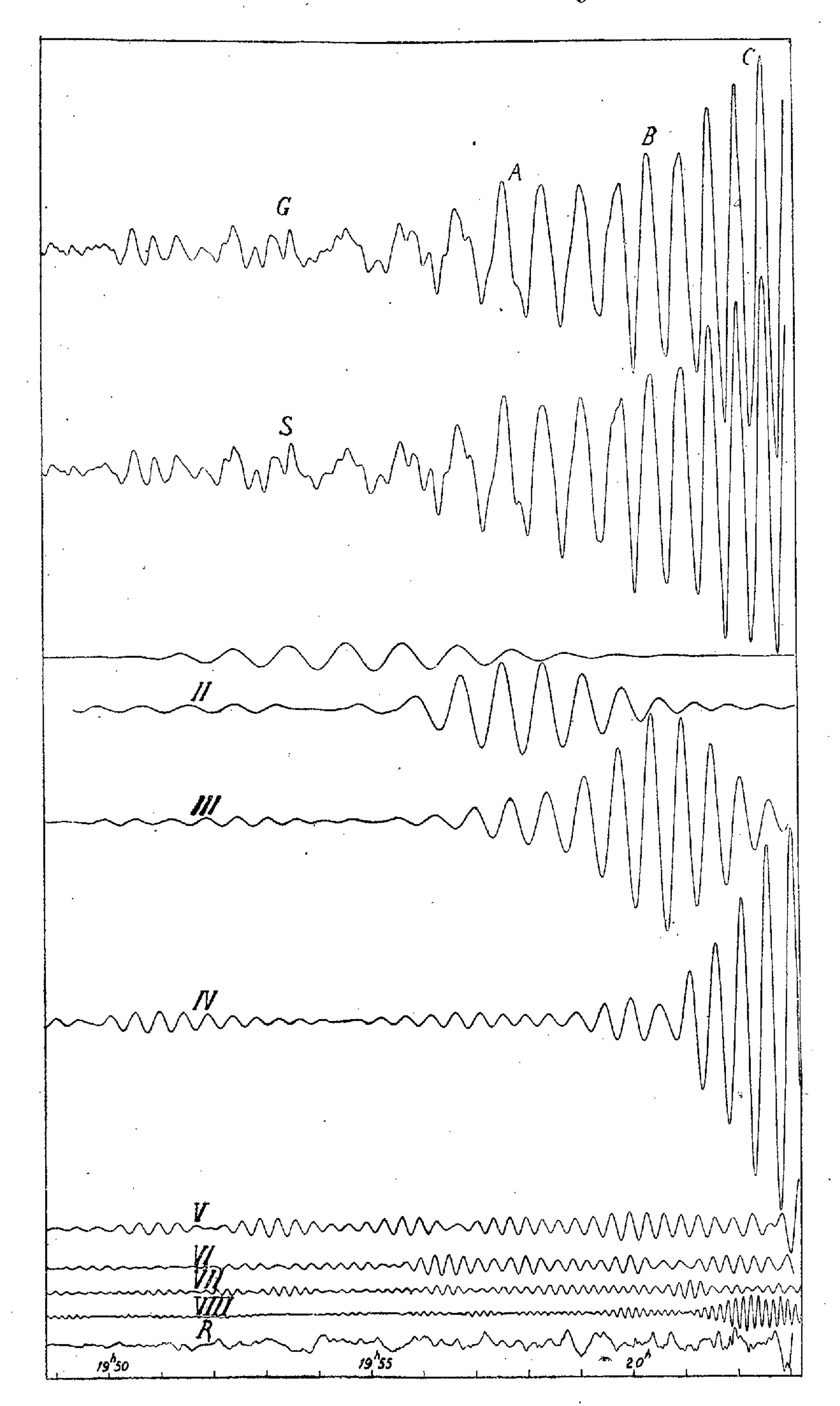
Si l'on néglige les petites oscillations préliminaires, les composantes à grande amplitude sont constituées chacune par un seul train ou groupe; elles apparaissent successivement dans l'ordre des périodes décroissantes et s'éteignent ensuite.

On remarquera que, dans l'exemple étudié, le maximum de chaque groupe se produit lorsque les groupes précédent et suivant possèdent des amplitudes beaucoup plus faibles, de sorte que ces maxima successifs se manifestent sur les données par des maxima d'amplitude, visibles surtout en A, B et C.

Les vitesses correspondant au centre de chaque groupe sont respectivement :

(¹) Séance du 17 juillet 1933.

(²) *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 176.


C
B
A
G
S
II
III
IV
V
VI
VII
VIII
R
19h50
19h55
20h

	Périodes (secondes).	Vitesses (km/s).
I	65	4,16
II	46	3,85
III	36	3,65
IV	30	3,44

Il serait évidemment intéressant d'analyser de nombreux séismogrammes afin de voir si les résultats obtenus sont généraux et dans quelle mesure ils dépendent du séisme et de la station. A cet égard, une étude parallèle faite sur le même séisme enregistré à Abisko a donné pour les composantes des ondes de Love des périodes et des vitesses voisines de celles qui sont indiquées ci-dessus, quoique les résultats soient moins nets en raison de la faible amplitude des ondes inscrites dans cette dernière station.

GÉNÉTIQUE. — *Sur la sporogénèse de l'hybride* Triticum haplodurum *issu du croisement de deux* Triticum vulgare. Note [1] de Mlle **A. Dusseau.**

Par une Note en date du 18 avril 1932, nous signalions « l'apparition, dans la descendance du croisement de deux *Triticum vulgare* vrais, d'un hybride fixe à phénotype de *Tr. durum* et génotype *Tr. monoccum* », qui possède en effet seulement 14 chromosomes dans ses cellules somatiques.

L'étude des cinèses somatiques avait été faite sur de jeunes racines; au printemps de 1932, nous avons fixé de jeunes inflorescences dans le but d'étudier à la fois les cellules-mères des grains de pollen et du sac embryonnaire.

Bien que l'an dernier notre étude ait déjà porté sur une F_5, on pouvait se demander en effet si les phénomènes de sporogénèse ne présenteraient pas quelques anomalies, si l'hybride avait bien réalisé un équilibre stable.

Or les jeunes anthères nous ont montré, en outre, des cinèses somatiques qui confirment l'existence de 14 chromosomes (nombre diploïde), les cellules-mères des grains de pollen pourvues de diacinèses typiques à 7 gemini, de divisions anaphasiques et de plaques équatoriales à 14 chromosomes simples, et finalement des télophases à 7 chromosomes seulement dans chaque noyau de la tétrade pollinique.

La cellule-mère du sac embryonnaire est également le siège d'une réduction qui ramène à 7 le nombre des chromosomes de la macrospore et, de

(1) Séance du 17 juillet 1933.

même, dans le nucelle, les mitoses somatiques à 14 chromosomes se montrent en grand nombre.

Indépendamment de la stabilité de ses caractères morphologiques de *Tr. durum*, notre hybride *haplodurum* révèle donc encore la fixité de son type caryologique confirmant ainsi l'indépendance du phénotype et du génotype qui nous avait frappée l'an dernier dans les individus étudiés.

ZOOLOGIE. — *Un poisson cavernicole aveugle des eaux douces de Madagascar :* Typhleotris madagascariensis *gen. et sp. nov.* Note de M. **G. Petit**.

H. Perrier de la Bâthie, correspondant de l'Institut, a eu récemment l'occasion de faire des recherches dans l'aven dit Mitoho, creusé dans la falaise calcaire du pays Mahafaly (sud-ouest de Madagascar; 1^{km} environ au nord de la limite est de la réserve naturelle du lac Manampetsa). Le fond du gouffre, situé à une quinzaine de mètres de la surface du sol, est occupé par une nappe d'eau où l'infatigable explorateur a constaté la présence d'un poisson entièrement aveugle, dont il a pu capturer sept spécimens.

Ce poisson, bien qu'apparenté nettement au genre *Eleotris*, nécessite la création d'un genre nouveau; nous lui réservons le nom de *Typhleotris madagascariensis*, le nom générique rappelant à la fois la cécité de notre animal (τυφλός, aveugle) et ses relations avec les *Eleotris*, le nom spécifique indiquant le pays où il a été découvert.

D.VI(8)9, A. 18, V.VI; L.l. (45) (46) 48 5/8-9.

Proportions en centièmes. Dans la longueur du corps : tête : de 33,6 à 39,6; hauteur du corps : de 18,9 à 23,0; pédicule caudal : de 21,2 à 21,7; pectorale : de 26,2 à 27,9. Dans la longueur de la tête : largeur de la tête : de 43,4 à 57.

Tête à profil nettement concave; frontaux de direction oblique de haut en bas et d'arrière en avant, avec bord externe aplati; une apophyse orbitaire, détachée du frontal, dirigée vers l'avant et rabattue ventralement. Deux fortes saillies du mésethmoïde, de part et d'autre de la ligne médiane, contre lesquelles s'adosse l'articulation, également saillante, de la symphyse des intermaxillaires. Pas de dents sur le vomer, les pterygoïdiens et les palatins. Mâchoire inférieure légèrement saillante en avant. Pas de traces d'yeux, tant à la surface du corps que sous la peau. Développement d'organes sensoriels répartis, en éléments rapprochés ou espacés, selon des rangées bien définies : 1° sur la face dorsale et les côtés de la tête; 2° sur la face ventrale de la tête : dans la dépression comprise entre le rebord du préoperculaire et la saillie de cet os sur laquelle s'attachent les muscles recouvrant le complexe quadratum et hyomandibulaire, dans le sillon marqué tout le long de l'articulaire et du dentaire,

sur le bord médian du dentaire. Narines très proches l'une de l'autre, reportées très antérieurement et latéralement, l'antérieure tubulée. Tête nue latéralement, dans son tiers antérieur; dorsalement, deux écailles cycloïdes assez grosses, isolées, symétriques de part et d'autre de la ligne médiane des frontaux; dans la partie correspondant au museau, petites écailles cycloïdes dissimulées sous la peau. Corps couvert d'écailles très minces et très souples, cycloïdes sur le dos et le ventre, cténoïdes sur les flancs et les parties latérales de la tête. Le dernier rayon de la deuxième dorsale intimement accolé au précédent sur sa longueur, sa base restant distincte; ventrales, à tranche oblique, n'atteignant pas l'anus; anale, s'insérant légèrement en arrière du début de la deuxième dorsale; caudale acuminée. Coloration (en alcool) : jaune clair, pectorales et caudale blanchâtres; sur le vivant « d'un blanc pâle uniforme », avec la ponctuation d'une « tache sanguine » sur l'opercule.

La nappe d'eau de l'aven de *Mitoho* est éclairée pendant le jour sur la moitié de sa surface. Sur une quarantaine de poissons en vue, Perrier de la Bâthie en a compté trente-sept qui étaient tournés vers la lumière; cette orientation, constante au cours de trois jours d'observations, doit être déterminée non par l'éclairement, mais sans doute par le fait que la nourriture de ces poissons se trouve de préférence réunie dans la partie ensoleillée de la nappe d'eau. Ils se tiennent tantôt en surface, pectorales étalées horizontalement, tantôt sur le fond dont ils agitent le limon. Ils ne saisissent leur nourriture que lorsqu'elle est amenée à leur contact. Si une proie leur échappe, ils ne peuvent la retrouver. Un léger ébranlement de l'eau les attire et il est facile de les prendre à la main.

La nappe de *Mitoho* fait certainement partie d'une rivière souterraine qui circule sous le plateau calcaire et qui est l'habitat réel des *Typhleotris*. Les malgaches donnent à ces poissons le nom de « toho » qu'ils réservent assez souvent aux espèces du genre *Eleotris*.

Typhleotris madagascariensis est le premier poisson aveugle découvert à Madagascar. C'est aussi le premier signalé parmi les *Eleotridæ* (*Gobioidea*); la famille des *Gobiidæ*, dans laquelle certains auteurs placent encore parfois le genre *Eleotris*, ne comprend elle-même, jusqu'à ce jour, qu'une espèce aveugle et marine, le *Typhlogobius californiensis* Steind. Et chez cette espèce, vivant dans les terriers de crabes (baie de San Diego, Californie), les yeux, fonctionnels chez les jeunes, sont relégués, chez les adultes, sous la peau qui s'épaissit avec l'âge.

ZOOLOGIE. — *Sur la distribution de quelques espèces de Mollusques dans les lagunes du lac Timsah (canal de Suez).* Note de M. **A. Gruvel**, présentée par M. Mangin.

Tandis que les rives du Grand lac Amer sont parfaitement homogènes et régulières, celles du lac Timsah présentent, au contraire, sur une partie de leur longueur du côté Asie aussi bien que du côté Afrique, un certain nombre de lagunes, généralement assez profondes et dont quelques-unes atteignent plusieurs kilomètres de longueur.

Du côté Asie, ces lagunes ne sont guère en relation qu'avec le lac lui-même et la salinité de leurs eaux est à peu près semblable à celle des eaux de ce lac. Du côté Afrique, ces formations lagunaires sont beaucoup plus importantes et la plupart, sinon toutes, sont en communication plus ou moins directe avec des dérivations d'importance variable du Canal d'eau douce, lui-même en relation directe avec le Nil. En un point même, le Canal d'eau douce s'ouvre directement, par une écluse, dans le lac Timsah lui-même.

Il en résulte, pour l'ensemble des lagunes, une variation de salinité considérable qui va de l'eau presque douce que les indigènes et les animaux boivent normalement, à une eau dont la salinité est, à quelques décigrammes près, identique à celle des eaux du lac lui-même.

On doit penser que, dans ces conditions, la faune des lagunes doit être tout à fait différente de celle du lac.

En réalité, il n'en est rien ou, du moins, cette variation ne se fait guère sentir que dans les parties les plus extrêmes des lagunes où l'on rencontre quelques Poissons d'eau douce, en particulier une très petite espèce : *Cyprinodon dispar*, Rüppel, la perche du Nil (*Lates niloticus* L.) qui reste toujours de petite taille, et un Cichlidé commun dans toutes les eaux douces de la région (*Tilapia Zilli*, Gervais). Certains Mollusques dulcaquicoles sont aussi communs dans ces parties peu salées, en particulier *Soletellina rubra*, Chemn., *Corbicula fluminalis* Pallay et *Lanistes Bolteni*, Chemn.

Mais, dans certaines parties, les eaux se superposent par densité et tandis qu'en surface, on trouve une eau absolument douce avec une densité de 1003 ou 1004, nous rencontrons, au fur et à mesure que l'on se rapproche du fond, des densités progressives qui atteignent, sur le sol, 1023 à 1024, alors que la densité moyenne des eaux profondes du lac atteint 1033 et même 1034.

Or, dans ces eaux très peu salées des lagunes, on trouve, en certains points, des quantités considérables d'une espèce érythréenne, de très belle taille : *Cardium papyraceum* Gmelin, et une autre forme méditerranéenne rarement mélangée à la précédente, mais de petite taille et également abondante : *Cardium edule* L.

La distribution des espèces de Mollusques présente ici, un caractère tout particulier. C'est ainsi, par exemple que, dans le fond des lagunes asiatiques dominent nettement, dans le sable vaseux des bancs recouverts d'Halophiles, des espèces comme : *Strombus tricornis*, Link., *Callista florida*, Link., *Fusus marmoratus*, Phil., etc., mais on n'y rencontre ni *Cardium edule*, ni *Cardium papyraceum*.

Dans les bancs de sable vaseux de la partie africaine, ce sont, au contraire, ces deux espèces qui dominent, de beaucoup, avec *Tapes decussatus*, L. *Tapes papilionaceus*, Link., etc., et cela dans des eaux d'égale salinité.

Les *Cardium*, les *Tapes* et les *Callista* sont si abondants, là où on les rencontre, qu'ils sont recueillis, tous les jours, par des pêcheurs spéciaux qui en ramassent de pleins sacs pour les mettre sur le marché d'Ismaïlia et, surtout, les expédier sur Le Caire, ainsi que les Méléagrines (*Meleagrina occa.*, Reev.) extrêmement abondantes dans le grand lac Amer et sur les perrés immergés du canal.

La plupart des autres espèces de Mollusques se trouvent répandues d'une façon quelconque sur la périphérie du lac et dans les lagunes, plus ou moins mélangées aux espèces précédentes, mais, d'une façon générale, certaines formes sont plus abondantes sur l'une des rives du canal et du lac, que sur l'autre.

PHYSIOLOGIE. — *Validité chez les Pœcilothermes de la loi de Terroine-Sorg-Matter sur la grandeur de la dépense azotée endogène*. Note de M. **R. Bonnet**, transmise par M. d'Arsonval.

E.-F. Terroine et H. Sorg-Matter [1] ont montré que, dans toute la série des Homéothermes, intraspécifiquement et interspécifiquement, le rapport, entre la grandeur de la dépense azotée minima et l'intensité du métabolisme énergétique obéit à la loi suivante : la dépense azotée

---

(1) E.-F. Terroine et H. Sorg-Matter, *Arch. internat. Physiol.*, 29, 1927, p. 121-131; 30, 1928, p. 115-125 et 126-132.

minima, par unité de poids, est rigoureusement proportionnelle à l'intensité minima de la dépense énergétique.

De plus, ces auteurs montrent que chez tout Homéotherme, à toute variation de température extérieure, entraînant une augmentation de la dépense énergétique correspond une augmentation proportionnelle de la dépense azotée endogène.

Ce qui revient à dire que la dépense azotée endogène est sous l'entière dépendance de la dépense énergétique : l'usure des tissus est d'autant plus marquée que leur fonctionnement est plus actif.

Devant ces constatations, il nous a semblé interessant d'étendre cette étude aux animaux poïkilothermes, afin de voir si chez ces êtres, il existe également une proportionnalité rigoureuse entre dépense azotée et dépense énergétique.

Nous nous sommes adressés dans ce but à la Grenouille et à la Tortue. Les animaux reçoivent pendant une très longue période une alimentation strictement glucidique couvrant largement leurs besoins énergétiques et l'on détermine journellement les valeurs des dépenses azotées et énergétiques. La conservation des animaux et les récoltes sont faites à des températures variées.

Nous nous bornons à rapporter ici quelques-uns des faits les plus frappants parmi nos résultats expérimentaux.

Numéro de l'animal.	Poids de l'animal en grammes.	Température de l'expérience en degrés C.	N rejeté par kg-heure en mg. (A).	Dépense énergétique par kg-heure en cal. (B).	Rapport $\frac{A}{B} \cdot 10^3$.
		Grenouilles.			
1	24	2	0,79	108,5	7,2
		15	2,30	313,6	7,3
		30	4,74	702,2	6,7
2	60	2	0,53	71,9	7,3
		15	1,74	232,9	7,4
		30	4,84	644,0	7,5
		Tortues.			
1	730	20	0,57	190,7	2,9
		38	1,62	508,4	3,1
2	140	20	0,90	360,0	2,5
		38	2,23	742,9	3,0

L'examen de ces résultats nous permet de tirer les conclusions suivantes :

1° Dans une même espèce pœcilotherme, il y a proportionnalité entre la dépense azotée endogène et la dépense énergétique. La dépense azotée est sous l'entière dépendance de la dépense énergétique et cela quelle que soit la valeur de cette dernière.

2° Le coefficient de proportionnalité est différent dans les deux espèces étudiées.

3° Ce coefficient dans le cas de la Tortue est voisin de celui trouvé dans le cas des Homéothermes. Cette dernière constatation semble appuyer certaines observations faites antérieurement par de nombreux auteurs, dans d'autres ordres d'idées et tendant à faire des reptiles une classe d'êtres physiologiquement intermédiaires entre Homéothermes et Pœcilothermes.

ÉLECTROPHYSIOLOGIE. — *Triple chronaxie vestibulaire.* Note de M. **Georges Bourguignon**, transmise par M. d'Arsonval.

Dans une série de travaux antérieurs, seul ou avec divers collaborateurs, j'ai donné une technique de mesure de la chronaxie vestibulaire basée sur la recherche du seuil de l'inclinaison de la tête du côté du pôle positif et j'ai montré les rapports de cette chronaxie vestibulaire avec l'activité psychique à l'état normal et à l'état pathologique. Cette chronaxie a une valeur comprise entre 12^σ et 22^σ chez les sujets normaux.

Il était logique de supposer que le réflexe d'inclinaison latérale était la conséquence de l'excitation d'un seul canal semi-circulaire ou des fibres nerveuses qui l'innervent et qu'il devait y avoir 3 chronaxies vestibulaires puisqu'il y a 3 canaux semi-circulaires orientés dans les trois plans de l'espace. La difficulté était de savoir par quel moyen technique on pourrait atteindre par l'excitation électrique les deux autres canaux ou leurs nerfs.

J'allais essayer de le faire en modifiant la situation des électrodes que, pour la recherche du réflexe d'inclinaison latérale on place dans les deux conduits auditifs externes, lorsqu'une observation au cours de l'étude d'un cas pathologique m'a orienté dans une autre direction.

Le 25 avril en effet, en recherchant la chronaxie vestibulaire d'un enfant atteint de maladie de Little, je m'aperçus que l'excitation électrique biauriculaire déterminait une inclinaison de la tête en avant et en arrière au

lieu de l'inclinaison latérale. Je pris la chronaxie de ce mouvement qu'on trouve quelquefois en pathologie; mais je me demandai s'il ne s'agissait pas plutôt de l'addition que de la substitution d'un mouvement à un autre; et s'il ne serait pas possible de retrouver le mouvement ordinaire d'inclinaison latérale en augmentant l'intensité de l'excitation. De fait en augmentant l'intensité du courant, je vis se produire un double mouvement d'inclinaison de la tête, en avant d'abord, latéralement ensuite. j'obtins ainsi une deuxième rhéobase plus grande que la première. En doublant cette rhéobase, je pus prendre la chronaxie vestibulaire courante : cette chronaxie était augmentée.

Trois jours plus tard, le 28 avril, en examinant une malade atteinte de crises oculogyres consécutives à une encéphalite léthargique, j'eus la surprise d'obtenir d'abord un mouvement de rotation de la tête, dans le plan horizontal. Ce mouvement était particulièrement brusque et la chronaxie correspondante beaucoup plus petite que la chronaxie vestibulaire normale courante. Je pus ensuite, en augmentant l'intensité, trouver une deuxième rhéobase pour le mouvement d'inclinaison latérale et une troisième rhéobase pour le mouvement d'inclinaison en arrière et trouver 3 chronaxies correspondant respectivement à ces 3 rhéobases.

A la suite de ces observations, je me demandai s'il n'y avait pas là, en pathologie, un simple renversement dans le rapport de 3 rhéobases et s'il ne suffirait pas d'augmenter l'intensité du courant continu pour voir apparaître, après avoir obtenu l'inclinaison latérale, les deux mouvements de rotation et d'inclinaison en arrière et mesurer ainsi 3 chronaxies vestibulaires chez l'homme normal. C'est ce que l'expérience a confirmé.

J'ai pu étudier 10 sujets normaux, dont 8 hommes et 2 femmes. Les 8 sujets masculins comprennent 1 enfant de 13 ans, 6 jeunes gens de 20 à 26 ans et 1 homme de 30 ans. Les 2 femmes ont l'une 24 ans et l'autre 33 ans.

Chez tous ces sujets normaux, j'ai obtenu les 3 mouvements et les 3 chronaxies. L'ordre de succession des rhéobases est toujours le même. L'inclinaison latérale apparaît la première (rhéobase la plus petite), l'inclinaison en arrière ou en avant apparaît la deuxième et la rotation apparaît la dernière. L'ordre des chronaxies est inverse. Le rapport d'une chronaxie à la voisine est toujours sensiblement 1/2. Le mouvement de rotation se produit de façon que le menton se tourne du côté de l'oreille où est le pôle positif. L'inclinaison en arrière, en réalité, est un mouvement de salutation et l'on aperçoit d'abord tantôt l'inclinaison en avant et tantôt l'inclinaison en arrière; qu'on obtienne l'une ou l'autre apparence, la chronaxie est tou-

jours la même. Les 3 chronaxies ont été comprises dans les limites suivantes :

Inclinaison latérale	$13^{\sigma},2$ à $21^{\sigma},2$
Mouvement de salutation	6 à 10,4
Rotation	3,1 à 5,6

Pour chaque sujet, la rhéobase et la chronaxie sont rigoureusement les mêmes pour les deux côtés. Pour chaque sujet, le rapport entre les 3 chronaxies est toujours le même. C'est dire qu'un même sujet a toutes ses chronaxies vestibulaires grandes ou petites ensemble. En voici deux exemples :

	Inclinaison latérale.		Salutation.		Rotation.	
	Rhéob.	Chron.	Rhéob.	Chron.	Rhéob.	Chron.
M. R	$1^{mA},2$	$13^{\sigma},2$	$2^{mA},4$	6^{σ}	$3^{mA},4$	$3^{\sigma},1$
Mlle L	$0^{mA},18$	$21^{\sigma},2$	$0^{mA},44$	$10^{\sigma},4$	$1^{mA},3$	$5^{\sigma},6$

Conclusions. — 1° Par l'excitation bi-auriculaire, on trouve, avec des rhéobases croissantes, 3 mouvements dans chacun des 3 plans de l'espace, et 3 chronaxies vestibulaires.

Il est légitime d'en conclure qu'on mesure ainsi la chronaxie des 3 canaux semi-circulaires ou des fibres nerveuses qui les innervent.

Le système du canal horizontal (rotation) a la plus petite chronaxie.

Le système du canal vertical sagittal (salutation) a la chronaxie moyenne.

Le système du canal vertical frontal (inclinaison latérale) a la plus grande chronaxie.

Le rapport de la plus petite chronaxie à la moyenne et de la moyenne à la plus grande est de 1/2. L'ordre des rhéobases est l'inverse de celui des chronaxies.

2° L'étude des deux cas pathologiques qui ont été le point de départ des recherches sur les sujets normaux, montre qu'il y a, en pathologie, à considérer non seulement la valeur absolue de chacune des 3 chronaxies vestibulaires, mais le rapport des 3 chronaxies et le rapport des 3 rhéobases.

3° On devra dorénavant remplacer la recherche simple du vertige voltaïque par la mesure des 3 chronaxies vestibulaires, aussi bien en médecine qu'en physiologie.

BIOLOGIE. — *Les qualités élémentaires des plantes nourricières du* Leptinotarsa decemlineata *et leur influence sur le comportement de l'insecte*. Note de MM. **B. Trouvelot, Lacotte, Dussy** et **Thénard**.

L'observation des réactions biologiques que présente le *L. decemlineata* lorsque l'espèce est mise en présence des végétaux variés, offre de premières données pour guider la recherche des éléments des plantes qui ont une influence sur l'évolution de l'insecte.

Certains éléments ont une action marquée en jouant le rôle d'obstacles s'opposant mécaniquement à l'accomplissement partiel ou total d'actes de l'insecte conditionnés par des réactions sensitives. Rentrent dans cette catégorie les poils longs et denses recouvrant les tiges ou les feuilles [*S. mammosum;* certains *Lycopersicum* (1)], et les masses de poils glanduleux paralysant les jeunes larves dans leurs mouvements, amenant la mort de beaucoup d'entre elles et retardant le développement des rares survivantes (*S. pyracanthum*, *S. Balbisii*). De tels caractères causent surtout une diminution de la densité des larves sur les plantes, mais il ne fut pas trouvé d'exemple d'immunité complète due à leur présence. Si la pubescence des tiges et des feuilles est faible comme sur les *S. marginatum* et *S. stramonifolium*, le stationnement des larves est en général très bon.

Les éléments végétaux qui agissent autrement que comme obstacles mécaniques sont ceux qui ont les effets prépondérants. Il faut distinguer parmi eux ceux qui conditionnent des réactions sensitives et ceux qui, une fois ingérés, influent sur le métabolisme général de l'organisme.

Les réactions sensitives les plus marquées, pour les larves et pour les insectes parfaits, sont celles qui dépendent du tact et du goût. Ainsi sur des feuilles de *S. insulæ-paschalis*, *S. pseudo-capsicum* et *S. nigrum*, les jeunes larves, après avoir effectué quelques morsures, cessent de s'alimenter et se dispersent; sur les feuilles de *S. tuberosum* et de *S. dulcamara*, au contraire, les préliminaires de l'alimentation sont les mêmes, mais aussitôt de premières morsures effectuées, les larves dévorent avidement les feuilles.

L'influence des composés ingérés par l'insecte est montrée par les exemples suivants : sur *S. Hendersonii* et *S. capsicastrum*, les jeunes larves séjournent

---

(1) Trouvelot et J. Thénard, *Bull. Soc. patho. végé. et entom. agric.*, 1931, p. 277.

sur les feuilles, mais malgré une alimentation importante ne croissent pas; au bout de quatre à cinq jours, elles meurent le corps ridé.

Sur les *Salpiglossis* et sur les *Petunia*, surtout pour les formes naines de ces genres, les stationnements et l'alimentation larvaire présentent des caractères analogues à ceux précités, mais les larves meurent sur le végétal, en des délais de un à deux jours, le corps noir et gonflé. Les réactions sensitives ont amené l'insecte à présenter le même comportement que sur les plantes hôtes normales, à bien s'alimenter, mais l'arrêt brusque de développement qui survient semble être en rapport avec une intoxication causée par des poisons contenus dans le végétal.

Entre le comportement des larves et celui des insectes parfaits, il n'existe pas des rapports constants lorsque l'insecte évolue sur des plantes différentes. Les *S. demissum* et *S. nigrum* sont aussi fréquemment visités par les insectes parfaits que *S. tuberosum*, mais, en plein air, se montrent beaucoup moins favorables au développement larvaire que cette dernière plante hôte.

S. ciliatum offre l'exemple d'une plante nettement délaissée par les insectes parfaits, mais favorable à des développements larvaires complets.

Pour un même stade évolutif du *L. decemlineata*, lorsque les développements s'effectuent sur des plantes variées, il n'y a pas de rapports constants entre les actes principaux effectués par l'insecte. Sur *S. Warksiwizii* et *S. mammosum*, les insectes s'alimentent largement mais stationnent peu, alors que sur *S. robertieliæ*, *S. nigrum*, *S. nodiflorum*, *S. aviculare*, *S. memphiticum* et *S. radicans*, ils passent fréquemment, stationnent peu mais ne s'alimentent que peu ou pas du tout. Sur les plantes de même taille appartenant aux espèces *capsicum*, *Hendersonii* et *pseudocapsicum*, les passages des insectes sont rares et pourtant les dégâts sont sensibles.

Des relevés faits, il résulte qu'un même acte de l'insecte ne serait pas toujours conditionné par les mêmes éléments des plantes si l'insecte se trouve à des phases évolutives différentes.

L'immunité partielle ou totale de végétaux contre l'attaque du *L. decemlineata* ne dépend pas d'un seul caractère des plantes; les éléments ayant le plus d'influence sont ceux qui agissent sur le tact, le goût ou la nutrition de l'insecte.

PHYSICOCHIMIE BIOLOGIQUE. — *Étude physicochimique de la floculation de la sérum-albumine par la résorcine.* Note de MM. **Augustin Boutaric**, **Maurice Piettre** et Mlle **Madeleine Roy**, présentée par M. Ch. Achard.

M. Arthur Vernes et ses collaborateurs ont étudié systématiquement les divers facteurs intervenant sur la floculation des sérums par la résorcine et ils ont été ainsi conduits à mettre au point une intéressante méthode de sérodiagnostic pour la tuberculose. Mais par suite de la constitution complexe des sérums, il semble bien difficile, sinon impossible, d'interpréter les résultats obtenus. Aussi nous a-t-il paru intéressant d'étudier d'une manière précise, au moyen des méthodes physicochimiques, la floculation par la résorcine de suspensions préparées à partir des diverses protéines que renferme le sérum sanguin. Pour la préparation de ces suspensions nous avons utilisé les protéines pures séparées par la *méthode à l'acétone* mise au point dans ces dernières années. Nos recherches ont porté tout d'abord sur les solutions de sérum albumine que l'un de nous a caractérisée par son active floculation en présence de résorcine [1], sans pouvoir en faire une étude précise par la seule technique chimique.

A une solution d'albumine de concentration 2α, on ajoute un égal volume d'une solution de résorcine de concentration 2ρ de manière que dans le mélange ainsi réalisé l'albumine entre sous la concentration α et la résorcine sous la concentration ρ. Pour des valeurs convenables de α et de ρ, on observe la floculation de tout ou partie de l'albumine dissoute.

1. Nous avons suivi cette floculation par la mesure, en fonction du temps, de la *densité optique* pour une radiation déterminée au moyen du photomètre de Vernes, Bricq et Yvon, muni d'un écran vert wratten ayant son maximum de transparence pour $\lambda = 0^{\mu},532$. La densité optique croît en fonction du temps et atteint au bout d'un certain temps θ une valeur limite δ, après quoi la sédimentation se produit soit spontanément, soit, plus rapidement, par centrifugation.

Dans le tableau suivant, on a relevé pour $\alpha = 0^{g},25$ pour 100 et pour diverses valeurs de ρ les valeurs de δ et de θ ($t = 16°$C.).

(1) *Thèse Ho dac An*, 1933, p. 140.

ρ (pour 100).	δ.	θ.	ρ (pour 100).	δ.	θ.
		h m			h m
0,5	0,09	2.40	1	2,28	0.40
0,75	0,78	2.09	1,125	3,30	0.10
0,875	1,63	1.04	1,25	3,50	0.06

Pour des valeurs de ρ supérieures à 1,25 pour 100, la floculation est pratiquement instantanée.

Si l'on admet que lorsque l'opacité limite est réalisée les particules d'albumine ont sensiblement la même grosseur dans tous les cas, l'accroissement qu'éprouve l'opacité à mesure que croît la concentration en résorcine semble indiquer que la quantité d'albumine floculée croît, tout au moins au début, avec la quantité de résorcine introduite.

2. Pour étudier d'une manière plus précise le rôle de la résorcine, nous avons comparé, au moyen d'un *réfractomètre interférentiel*, l'indice N_r d'une solution de résorcine de concentration ρ et l'indice N_a de la solution résorcine-albumine après centrifugation et sédimentation des produits insolubles formés. Le tableau suivant donne pour $\alpha = 0^g,25$ pour 100 les valeurs de $N_a - N_r$ en unités arbitraires (lue sur le compensateur de l'interféromètre) pour différentes valeurs de ρ ($t = 16°$C.).

ρ.	$N_a - N_r$.	ρ.	$N_a - N_r$.
0	193	2,5	— 8
0,5	181	3	— 13
0,75	180	3,5	— 16
1	166	3,75	— 16
1,5	82	4,5	— 16
2	49	5	— 16

La différence $N_a - N_r$ diminue progressivement à mesure que croît ρ, et devient négative pour les valeurs de ρ supérieures à 2,5 pour 100, ce qui indique que toute l'albumine a floculé et a fixé une quantité extrêmement faible de résorcine.

En résumé, tout se passe comme si l'albumine fixait la résorcine par *adsorption*, la quantité de résorcine fixée, toujours extrêmement faible, allant en augmentant avec la concentration de la résorcine et tendant vers une limite, pour donner un produit d'adsorption dont la solubilité dans l'eau décroît de plus en plus avec la quantité de résorcine fixée et devient nulle quand la saturation en résorcine est réalisée.

MICROBIOLOGIE. — *Sur la neutralisation de la toxine diphtérique par quelques molécules hétérocycliques.* Note de M. **Léon Velluz**, présentée par M. Hyacinthe Vincent.

A l'égard de certaines molécules organiques, les toxines tétanique et diphtérique se comportent de façons très différentes : un exemple caractéristique est fourni, dans la série *benzénique*, par le diiodosalicylate de sodium, agent puissant de neutralisation antitétanique ([1]) et cependant molécule d'affinité médiocre pour le poison diphtérique. En s'adressant au contraire à la série *naphtalénique* on a l'exemple de l'α-oxynaphtoate de sodium dont 10^{mg} neutralisent 2000 doses mortelles de toxine diphtérique ([2]). Il s'agit là d'une amorce d'*électivité* antitoxique, devant susciter de nouvelles recherches.

C'est en vue d'étudier la part active du deuxième cycle, accolé au noyau benzénique, que j'ai choisi pour ces essais les trois molécules suivantes :

a. — *Hydrate de tricétohydridone (ninhydrine).*

b. — *Acide isopropylfuranhydroxybenzocarboxylique.* (Acide roténique, F. : 181°.)

c. — *Acide isopropyldihydrofuranhydroxybenzocarboxylique.* (Acide *l*-dihydroroténique, F. : 166°.) $[\alpha]_D^{20} = -82°,2$.

Ainsi qu'on le voit, l'acide roténique et son dérivé dihydrogéné sont caractérisés par leurs fonctions acide et phénol, du type salicylique, et le

---

([1]) H. Vincent et L. Velluz, *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 648; **193**, 1931, p. 969.
([2]) H. Vincent et L. Velluz, *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 1697.

noyau oxygéné isopropylfurane. La ninhydrine se situe très à part, possédant 2 OH sur un même carbone mais dépourvue de groupe —COOH.

Ayant observé, dans des recherches antérieures (¹) que la fonction acide conditionnait la propriété cryptotoxique de certaines molécules aromatiques, j'ai été surpris de noter que 10^{mg} de ninhydrine neutralisaient, après 24 heures de contact à 39°, 2000 doses mortelles de toxine diphtérique. Mais il est impossible de rapprocher ce fait de ceux précédemment acquis. On connaît en effet la curieuse affinité de la ninhydrine pour les protides et protéides et, dans les conditions de contact adoptées, le mélange de toxine et de ninhydrine présente une intense coloration bleu indigo, caractéristique de la réaction de Ruhemann-Abderhalden. La vitesse de neutralisation de la toxine est d'ailleurs sensiblement parallèle à celle du développement de la couleur. On trouve plutôt dans ce fait un argument inopiné en faveur de la constitution protéidique de la toxine.

Les propriétés de l'acide roténique et de son dérivé dihydrogéné ont été étudiées selon la technique habituelle : salification de l'acide, solubilisation du sel et mélange en proportions variables avec une toxine diphtérique tuant à 1/2000ᵉ de centimètre cube, contact de 4 ou 5 jours à 39°, enfin injection de 1^{cm^3} au cobaye de 350^{g}.

Les résultats ont été les suivants :

1° 5^{mg} d'acide roténique neutralisent entièrement 2000 doses mortelles de toxine diphtérique. Cet acide hétérocyclique est deux fois plus actif que l'acide α-oxynaphtoïque.

2° 10^{mg} d'acide *l*-dihydroroténique sont nécessaires pour assurer la même neutralisation. L'absence seule de liaison éthylénique dans le cycle oxygéné suffit pour réduire de moitié le pouvoir neutralisant.

On voit de la sorte que le noyau naphtalénique n'est pas indispensable pour faire apparaître l'affinité à l'égard du poison diphtérique : le noyau benzofuranique confère la même affinité. En outre, la différence d'activité entre l'acide roténique et son dérivé dihydrogéné confirme que la non saturation exalte le pouvoir neutralisant, ce qui généralise un fait observé dans la série des acides gras (²).

Pour les acides hydroxybenzoïques, l'halogénation du noyau exalte notablement le pouvoir neutralisant. Il en est de même pour l'acide roté-

---

(¹) *C. R. Soc. Biol.*, **107**, 1931, p. 583.

(²) P. Sédallian et L. Velluz, *Bull. Soc. Chim. biol.*, **10**, 1928, p. 1227-1237.

nique dont j'ai préparé le dérivé monoiodé (¹). L'action de ce dérivé sur la toxine diphtérique est lente mais très marquée. En quinze jours, à 39°, 5/10ᵉ de milligramme neutralisent 2000 doses mortelles de toxine : il y a donc équivalence d'activité avec l'acide diiodosalicylique, à la condition d'utiliser, pour ce dernier, la toxine tétanique comme réactif.

En d'autres termes, pour des fonctions identiques (acide et phénol) et pour une substitution analogue (iode), on note une même *intensité* du pouvoir neutralisant. Mais le type de structure cyclique a fait évoluer *l'électivité* du phénomène de neutralisation.

PATHOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur les propriétés du sérum du sang et du lacto-sérum des animaux hyperimmunisés contre la tuberculose.* Note (²) de M. G. **Finzi**, présentée par M. E. Leclainche.

Il est actuellement bien connu que les propriétés antigènes d'une préparation tuberculeuse déterminée sont d'autant plus marquées que le produit est plus riche en bacilles tuberculeux, et que ceux-ci, bien qu'avirulents, possèdent un protoplasma bactérien non altéré.

Nous avons commencé depuis quatre ans des essais d'immunisation par un antigène bacillaire humain et bovin qui répond aux conditions ci-dessus indiquées et qui est convenablement émulsionné dans l'exotuberculine.

L'exotuberculine est obtenue, suivant la méthode aujourd'hui très connue : des cultures en bouillon peptoné, glycériné, âgées de 4 à 6 semaines de bacilles tuberculeux humains et bovins d'où nous aspirons le milieu liquide.

Le voile surnageant, non déchiré, adhère aux parois et au fond du ballon au fur et à mesure que le bouillon de culture est aspiré. Avec une autre pipette, nous déposons au fond du même ballon, lentement, de l'eau distillée formolée à 5 pour 1000 jusqu'à soulèvement du voile au niveau de la culture initiale. Après 4 à 6 semaines de séjour à l'étuve, nous récupérons le voile que nous émulsionnons alors finement dans l'« exotuberculine ».

Les émulsions antigènes ainsi obtenues à partir d'un nombre égal de

(¹) Ce dérivé monoiodé a été préparé en faisant réagir l'iode et l'oxyde jaune de mercure sur l'acide roténique (méthode de Weselsky), en présence d'alcool. L'acide roténique monoiodé se présente en aiguilles incolores, recristallisées de l'alcool à 60°, fondant à 239°.

(²) Séance du 10 juillet 1933.

cultures humaines et bovines sont riches en germes tués, à structure normale et à protoplasma bactérien inaltéré.

Nous avons opéré d'abord sur trois vaches suisses, en pleine lactation, et sur deux chevaux sains en faisant, tous les 6 ou 7 jours, des injections sous-cutanées de matériel antigène propres à provoquer des réactions locales considérables et persistantes, avec de fortes élévations de température.

Après 7 à 8 mois de traitement, nous avons obtenu de nos animaux un sérum antituberculeux « complet », selon la conception de H. Vallée, doué de propriétés particulières et riches en anticorps tuberculeux.

Ce sérum contient surtout une substance bien définie dans sa capacité anti-tuberculinique, apte à neutraliser *in vivo* et *in vitro* la tuberculine si nous mélangeons deux ou trois doses diagnostiques (4 à 6^{cm^3}) d' « exotuberculine » (E. T. F.) avec 14 à 16^{cm^3} de notre sérum antituberculeux, et que nous laissions ce mélange pendant 2 heures à l'étuve, 22 heures à la glacière, ou à la température du laboratoire pendant trois ou quatre jours. Si le mélange homogène est injecté à des bovins sûrement tuberculeux, on n'observera chez eux aucune réaction comparable aux réactions caractéristiques, générales et thermiques, qu'on observe chez les sujets tuberculeux, et cela parce que l'exotuberculine a perdu sa capacité diagnostique, ayant été modifiée dans sa nature et neutralisée dans ses effets par l'antituberculine.

Cette action antituberculinique n'a pas été évaluée quant à son action neutralisante sur les réactions locales : elle a été établie par des expériences plus rigoureuses et d'interprétation plus facile ; c'est-à-dire sur des bovins tuberculeux, bien plus sensibles que le cobaye tuberculeux.

Le sérum antituberculeux obtenu chez nos animaux d'expérience n'est pas seulement antituberculinique, il est riche aussi en agglutinines spécifiques que l'on peut facilement démontrer jusqu'à des dilutions très fortes ; il provoque une réaction précipitante très marquée vis-à-vis de l'exotuberculine et abondante vis-à-vis des tuberculines de commerce. La réaction est surtout évidente si l'on mélange 15 à 20 volumes de sérum avec un volume d'exotuberculine.

Les précipitines contenues dans le sérum de nos animaux sont spécifiques. Des recherches de contrôles, faites avec des dilutions de malléine, ont toujours donné des réactions négatives.

Anticorps contenus dans le lait des vaches hyperimmunisées. — Si nous mélangeons 2 à 3 doses diagnostiques (4 à 6^{cm^3}) d'exotuberculine à 14 à 16^{cm^3} de notre lait antituberculeux, suivant la technique et dans les conditions déjà indiquées à propos du sérum antituberculeux, et que nous

injections le mélange homogène à des bovins tuberculeux, nous observerons que ces 2 à 3 doses de tuberculine diagnostique très active ont été modifiées et neutralisées dans leurs effets par l'antituberculine contenue dans le lait. Le lait antituberculeux est antituberculinique et riche aussi en précipitines spécifiques capables de provoquer une réaction *de floculation* très évidente vis-à-vis de l'exotuberculine (15-20 volumes de sérum de lait avec 1 volume d'exotuberculine).

La technique que nous employons pour obtenir le sérum du lait est la suivante :

A 100^{cm^3} de lait frais, on ajoute une solution d'hypophosphite de calcium à 5 pour 100 et 4^{cm^3} d'une solution de présure à 1 pour 100; on met le tout à l'étuve à 37° jusqu'à coagulation de la caséine et séparation du sérum; on filtre sur papier mouillé. Le sérum ainsi obtenu est ensuite centrifugé pendant 30 minutes et de nouveau filtré. Si l'on veut éviter la centrifugation, le sérum du lait doit être filtré directement sur du coton hydrophile mouillé, fortement comprimé au fond d'un entonnoir.

Le sérum antituberculeux obtenu à partir des chevaux immunisés, comme le sérum et le lait obtenus des vaches d'expérience est donc fortement antituberculinique. Cette propriété n'a pas été établie par des expériences faites sur les cobayes tuberculeux, mais sur les bovins certainement tuberculeux; le sérum est riche en agglutitines spécifiques et, comme le sérum de lait antituberculeux, il fournit une précipitation très abondante vis-à-vis des exotuberculines, abondante vis-à-vis des tuberculines de commerce. Les précipitines sont spécifiques. Ces agglutinines et ces précipitines ne peuvent être considérées comme de simples « témoins du passage » de l'antigène tuberculeux dans l'organisme des animaux d'expérience, mais comme de véritables substances révélatrices d'une réaction, d'un processus intime d'inter-action entre l'antigène et l'anticorps correspondant. De même l'antituberculine est considérée par nous comme la conséquence d'un état d'immunité antitoxique spécifique vis-à-vis des poisons sécrétés par le micro-bacterium tuberculeux.

Conclusion. — Le sérum antituberculeux obtenu à partir des chevaux et des vaches traités avec notre antigène est fortement antituberculinique, riche en agglutinines et en précipitines spécifiques.

Le lait ainsi obtenu par les vaches hyperimmunisées est également riche en précipitines spécifiques et en substances antituberculiniques capables de modifier et de neutraliser *in vivo* et *in vitro* la tuberculine diagnostique fortement active.

Nous mettons volontiers à la disposition des chercheurs le lait et le sérum que nous obtenons chez nos sujets hyperimmunisés pour des essais éventuels de contrôle.

La séance est levée à $15^h 30^m$.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 3 juillet 1933.)

Note de M. *E. Rinck*, Diagrammes de solidification des alliages formés par deux métaux alcalins. Alliages sodium-potassium :

Page 51, ligne 21, *au lieu de* 40 et 42 pour 100, *lire* intermédiaire entre 0 et 42 pour 100 de potassium.

(Séance du 10 juillet 1933.)

Note de MM. *V. Agafonoff* et *St. Pavlovitch*, L'analyse dite thermique, appliquée à l'étude du sol :

La partie dite *colloïdale* des sols est constituée par les particules plus petites que 2 μ (convention internationale des pédologues).

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 31 JUILLET 1933.

PRÉSIDENCE DE M. Louis BOUVIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie la perte douloureuse qu'elle vient d'éprouver en la personne de **Édouard Quénu** et donne la parole à M. le Secrétaire perpétuel.

M. **A. Lacroix** prononce les paroles suivantes :

Depuis de longs mois, notre confrère **Édouard Quénu** était éloigné de nous par une cruelle maladie : nous venons de le conduire à sa dernière demeure.

Né le 21 juillet 1852, à Marquise, dans le Pas-de-Calais, il nous quitte après une longue vie d'honneur et de services rendus à la Science, à son pays, à ses semblables. Avec lui disparaît un chirurgien réputé qui n'était pas seulement un virtuose de son art, mais aussi un savant distingué et un éducateur de premier ordre. Lorsqu'en 1917, Guyon vint présenter, dans cette enceinte, les titres de celui qui allait entrer dans notre Section de Médecine et de Chirurgie, il prononça les paroles suivantes qui me paraissent constituer le plus beau des éloges :

Il est un des côtés de la vie professionnelle de Quénu que je ne puis passer sous silence. Quénu a fondé une école qui compte aujourd'hui de nombreux élèves, nombre d'entre eux chirurgiens des hôpitaux, agrégés, professeurs dans les écoles de province; tous ont reçu de leur maître, non seulement une éducation technique, mais aussi une éducation morale; ils ont appris de lui la chirurgie entreprenante, celle qu'on a appelée d'avant-garde, mais jamais la chirurgie chimérique. Ils tiennent maintenant de lui les

grands principes qui sont ceux de notre Société de Chirurgie : vérité dans la Science, probité dans l'Art.

E. Quénu a parcouru allégrement les diverses étapes d'une belle carrière, enlevant de haute main, au concours, les titres d'interne, de prosecteur de chirurgie des hôpitaux, d'agrégé d'anatomie et de physiologie à la Faculté de médecine. Dès 1890, il devient chirurgien de l'hôpital Cochin, où il servira jusqu'à sa retraite. Professeur à la Faculté de médecine en 1907, il est élu l'année suivante membre de l'Académie de médecine. Il faisait partie du Conseil de l'Institut Pasteur, et de nombreuses sociétés savantes s'honorent d'avoir été présidées par lui.

Pendant longtemps chef du laboratoire d'histologie, puis directeur de l'amphithéâtre d'anatomie des hôpitaux et encore collaborateur de Marey, Quénu était rompu à toutes les disciplines de l'anatomie normale, de l'anatomie pathologique, de la physiologie dont il fit la base solide de son œuvre de chirurgien.

Je ne saurais énumérer les questions qu'il a éclairées; qu'il me suffise de rappeler, en anatomie normale, sa découverte d'un plexus nerveux dans les parois du canal thoracique du chien, d'où découle la première démonstration anatomique de l'innervation des vaisseaux lymphatiques et encore son étude sur l'irrigation artérielle et veineuse des nerfs.

En anatomie pathologique, son Mémoire sur la pathologie des ulcères variqueux a mis en lumière l'influence du système nerveux sur leur développement, ses Mémoires sur les hémorroïdes ont été suivis de beaucoup d'autres. Mais son effort principal a porté sur la pathologie intestinale. Son *Traité de la chirurgie du rectum*, publié en collaboration avec le Dr Hartmann, est devenu rapidement classique et il l'est resté. Nombreux sont ses travaux sur le foie, puis sur la rate et le pancréas. Malgré cette préférence, il n'en est pas resté là : l'estomac, le poumon lui ont fourni le sujet de recherches fructueuses et encore les varices, la sciatique des variqueux, etc.

Quénu s'est beaucoup préoccupé de l'aseptie opératoire, non seulement de l'aseptie du matériel de stérilisation, mais encore de celle du chirurgien lui-même. C'est à lui qu'est due l'introduction en France des gants en caoutchouc pour les opérations septiques, et pour cela il lui a fallu briser bien des résistances.

Il ne s'est pas contenté de servir la chirurgie par la parole et à l'aide de son bistouri; il a dirigé la *Revue de Chirurgie*, qui contribue à mieux faire

connaître, à l'Étranger aussi bien qu'en France, la science chirurgicale de notre pays.

La grande guerre devait fournir à Quénu l'occasion de rendre des services d'un caractère encore plus général. Il s'est efforcé de montrer qu'il n'existe pas une chirurgie de guerre et une chirurgie du temps de paix. Tous les blessés ont droit à la compétence nécessaire du chirurgien et à des installations définitives; la répartition des blessés doit appartenir à des chirurgiens de carrière. Et quand il a converti les pouvoirs publics à ses idées, pendant de longs mois, à Paris, il assure lui-même le triage des grands blessés. Il s'oppose à ce que l'on impose à ceux-ci des transports ininterrompus de plusieurs jours et il obtient, non sans peine, leur transport par étapes successives et par relais. C'est lui encore qui, avec une indomptable opiniâtreté, a fait accepter ce principe que le seul traitement rationnel des plaies abdominales de guerre est la laparatomie immédiate. A cet égard le grand chirurgien que fut Léon Labbé lui a rendu publiquement toute la justice qu'il méritait.

Au moment où, pour rendre le suprême hommage à l'un des nôtres, nous évoquons le souvenir de ce que lui doivent la Science et l'humanité, il n'est pas possible de séparer l'homme de son œuvre et il faut chercher à dégager les points saillants de son caractère. Sous une écorce un peu rude, se cachait, en Quénu, un homme plein de bonté et de bienveillance, toujours prêt à obliger, d'une loyauté qui lui a valu le respect de tous ceux qui l'ont connu, un homme d'une probité sévère, à laquelle il devait une autorité incontestée dans le monde médical tout entier. Si parfois son jugement était redouté, c'est qu'on le savait incapable de la plus minime des compromissions.

Dans sa famille, il était le père et le grand-père le plus tendre, le plus enjoué et le plus aimé. A Madame Quénu, à tous les siens qui viennent d'être frappés si durement, à la tête et au cœur, l'Académie adresse ses condoléances émues et l'expression de sa profonde sympathie.

MÉTÉORITES. — *Sur une météorite pierreuse tombée au Maroc le 22 août 1932.* Note (¹) de M. A. Lacroix.

Je dois à M. Bourcart les données suivantes sur la première chute de météorite qui ait été observée au Maroc.

D'après le capitaine Larcher, qui a été témoin de ce phénomène, il s'est produit, le 20 août 1932, à 15^h, à Douar Mghila (4^{km} Est de Beni Mellal, sur le flanc septentrional du Moyen Atlas, à environ 200^{km} de Casablanca).

Une sorte de fusée blanche, allant de l'Est à l'Ouest, a été vue traversant le ciel. Elle a été accompagnée d'une détonation que l'on a comparée à celle d'un canon de 75 et qui a été entendue à 10^{km} de la région, où sont tombés une quarantaine de pierres.

Celles-ci ont été ramassées par des indigènes et il semble que 2 ou 3^{kg} en aient été recueillis. Mais deux échantillons seulement ont été retrouvés, l'un pesant 846^g et l'autre 315^g. Ils m'ont été obligeamment communiqués par M. Liouville, directeur de l'Institut scientifique chérifien, qui a bien voulu donner l'un d'eux au Muséum national d'histoire naturelle, l'autre étant exposé au Musée de l'Institut à Rabat.

Ces échantillons présentent des particularités intéressantes, dans leur forme et dans leur structure.

Sauf quelques égratignures, le plus petit est entièrement recouvert de sa croûte; son aspect est celui d'un prisme trièdre, mesurant 6^{cm} (suivant son axe vertical) $\times 5^{cm} \times 4^{cm}$. Il porte, en outre, deux faces, obliques sur les précédentes. Sur deux de ces dernières et sur les deux plus petites, la croûte noire a une surface terne, assez unie, couverte de piézoglyptes peu profonds. Assez uniforme, elle cache complètement les détails de la structure interne. Ce sont là les faces les plus anciennes de la pierre. La troisième face prismatique, au contraire, est raboteuse; sa croûte est très mince et laisse voir les irrégularités sous-jacentes. Il s'agit donc là d'une cassure due à un éclatement datant de la fin de la traversée de l'atmosphère terrestre.

Le second échantillon est une météorite *orientée;* elle a un *avant* et un *arrière*. Les différentes partie de sa surface n'ont donc pas été, comme dans le cas précédent, soumises d'une façon identique aux actions calorifiques. Malheureusement elle est moins intacte, de larges cassures artificielles l'ont

(¹) Séance du 17 juillet 1933.

quelque peu déformée. Ses dimensions sont $12^{cm} \times 8^{cm} \times 8^{cm}$. Elle est irrégulièrement conique et un peu allongée. Sur le côté avant, on peut distinguer trois régions dont deux sont en zone avec la plus grande dimension de la pièce et une troisième de surface moindre. En outre, obliquement à l'une des extrémités de l'axe d'allongement, la pierre a subi une cassure qui a modifié sa régularité; elle date sans doute de son entrée dans l'atmosphère terrestre, car elle est recouverte d'une croûte identique à celle des surfaces précédemment considérées.

Des piézoglyptes profonds entaillent les trois régions principales, mais tandis que sur l'une d'elles ils sont sensiblement circulaires, par suite du choc direct de l'air normalement à ce plan, perpendiculaire à la trajectoire; sur les autres, inclinées sur ce plan, elles sont elliptiques et divergentes à partir du sommet de la pièce, vers lequel elles se terminent en pointe. La surface de cette partie avant et celle de la cassure ancienne dont il vient d'être question sont recouvertes d'une croûte uniforme, finement granuleuse, semblable à celle de la météorite précédente; par contre, la croûte de la partie arrière qui consiste en une surface bosselée, irrégulière, à piézoglyptes vaguement dessinés, est scoriacée.

La cassure de cette météorite est grisâtre; elle laisse voir localement une texture bréchiforme. La pierre se polit facilement, faisant apparaître ainsi des grains métalliques et des chondres de petite taille, peu nombreux; ils ne peuvent être détachés de la masse finement cristalline qui les enveloppe.

Au point de vue minéralogique, il s'agit d'une *chondrite miosidérifère* (1), composée d'olivine et d'hypersthène, avec une teneur en fer nickélé voisine de 8 pour 100. La quantité de pyrrhotine est moindre.

L'examen microscopique montre, en outre, un peu de clinohypersthène, généralement cerclé par une étroite zone plus biréfringente de clinohypersthène-diopside. Enfin, il faut signaler fort peu de plagioclase peu ou pas maclé et de maskelynite.

La structure est microgrenue. En un point donné, les grains d'olivine et d'hypersthène ont sensiblement les mêmes dimensions, mais celles-ci varient dans les différentes régions de la météorite, et, de loin en loin, apparaissent de grandes plages d'hypersthène englobant pœcilitiquement de nombreux grains d'olivine. Comme d'ordinaire, le feldspath remplit certains des intervalles des minéraux précédents.

Les chondres ne sont pas très nombreux, mais assez variés de forme, de

(1) Pour ma nomenclature cf. *Bull. Muséum*, Paris, 1927, p. 412.

composition et de structure : chondres simples (monosomatiques à olivine, avec maskelynite comme remplissage des cavités cristallitiques), chondres complexes soit d'olivine (réunion de cristaux cristallitiques en grilles), soit d'hypersthène (chondres sphérolitiques excentriques), soit enfin chondres formés par la réunion des deux minéraux précédents, avec clinohypersthène. Ces chondres sont généralement hystérocristallins, mais j'ai rencontré aussi quelques types protérocristallins, formés de cristaux automorphes réguliers d'olivine et de baguettes cristallitiques de clinohypersthène. Ces chondres, souvent imprégnés par les minéraux métalliques, n'ont pas toujours des contours nets ; ils semblent, par places, passer insensiblement à la masse microgrenue qui les encastre solidement.

Cette structure rappelle celle des *amphotérites*, et particulièrement de celle de la chute de Bandoeng. Son étude me paraît confirmer les vues émises par M. W. Wahl (1), consistant à interpréter les chondrites, *dites cristallines*, par la transformation pyrométamorphique de chondrites à structure tufacée.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Transformation du terme intermédiaire de l'oxydation permanganique de l'acide urique en acide allantoïque, en présence des ferments de soja et de cyanure de potassium.* Note (2) de MM. **R. Fosse**, **P. de Graeve** et **P.-E. Thomas**.

L'importance de l'acide urique en chimie, biologie et pathologie explique le nombre considérable de travaux concernant le mécanisme de sa dégradation par oxydation et fermentation. En 1907, Wiechowski (3) démontre que, dans sa destruction par les ferments animaux, l'acide urique s'oxyde pour donner l'allantoïne d'après la réaction de Liebig et Wöhler (1838) (4).

L'uricolyse peut alors être représentée par le schéma :

$$(\mathrm{A})\qquad \begin{array}{ccccc} \mathrm{NH} & - & \mathrm{CO} & & \\ | & & | & & \\ \mathrm{CO} & & \mathrm{C} & - & \mathrm{NH}\diagdown \\ | & & \| & & \quad \mathrm{CO} \\ \mathrm{NH} & - & \mathrm{C} & - & \mathrm{NH}\diagup \end{array} \quad \xrightarrow[\text{Uricase.}]{\mathrm{O} + \mathrm{H}^2\mathrm{O} - \mathrm{CO}^2} \quad \begin{array}{ccccc} \mathrm{NH}^2 & & & \mathrm{NH} & \\ | & & \diagup & & \diagdown \\ \mathrm{CO} & & \mathrm{CO} & & \mathrm{CO} \\ | & & | & & | \\ \mathrm{NH} & - & \mathrm{CH} & - & \mathrm{NH} \end{array}$$

Acide urique. — Allantoïne.

(1) *Zeitsch. f. anorgan. Chemie*, 69, 1910, p. 80.

(2) Séance du 7 juillet 1933.

(3) Wiechowski, *Beiträge z. Chem. Physiol.*, 9, 1907, p. 295.

(4) Liebig et Wöhler, *Liebig's Annalen der Chemie*, 26, 1838, p. 244.

L'acide urique, récemment découvert chez les végétaux supérieurs [R. Fosse, P. De Graeve et P.-E. Thomas (1)], fermente aussi dans certains de leurs organes, où il est le point de départ et la cause d'une série de transformations plus nombreuses que chez les animaux. C'est ce que démontre sa coexistence fréquente dans une foule de graines avec les ferments : uricase, allantoïnase, uréase, et avec ses produits de dégradations : allantoïne, acide allantoïque, urée et ammoniaque. Les uns et les autres sont étroitement liés entre eux par la relation

(B)

Acide urique : $NH-CO$ / $CO \quad C-NH\diagdown$ / $NH-C-NH\diagup$ $>CO$

$\xrightarrow[\text{Uricase.}]{O+H^2O-CO^2}$

Allantoïne : $NH^2 \quad NH$ / $CO \quad CO \quad CO$ / $NH-CH-NH$

$\xrightarrow[\text{Allantoïnase.}]{+H^2O}$

Acide allantoïque : $NH^2 \quad NH^2$ / $CO \quad CO^2H \quad CO$ / $NH-CH-NH$

$\xrightarrow{+2H^2O}$ $\underset{\text{Acide glyoxylique.}}{CH(OH)^2-CO^2H}$ $+ 2\,\underset{\text{Urée.}}{CO(NH^2)^2}$ $\xrightarrow[\text{Uréase.}]{+2H^2O}$ $+ 4NH^3 + 2CO^2$.

Chez les animaux, le métabolisme de l'azote *purique* se termine, en partie ou en totalité, à des purines, à l'acide urique, à l'allantoïne, rejetés par l'urine.

Chez les végétaux, au contraire, il se poursuit jusqu'à la matière minérale, l'ammoniaque, leur aliment azoté par excellence.

La dégradation de l'acide urique à l'état d'allantoïne, sous l'influence du permanganate de potassium, ne se produit pas directement ; elle engendre d'abord un corps capable de donner soit l'allantoïne, soit l'acide uroxanique. Ce terme intermédiaire ne peut posséder que la formule symétrique de l'oxyacétylènediuréinecarbonique, expliquant la formation, non seulement des deux corps cités (C), mais aussi de la 3-méthyl ou de la 1-méthyl-allantoïne, obtenues par Emil Fischer (2) en oxydant indifféremment les acides 1-méthyl et 7-méthylurique dans le premier cas et les acides

(1) *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 1408 ; **195**, 1932, p. 1198 ; **196**, 1933, p. 883, 1264.

(2) E. Fischer et F. Ach, *Berichte der deutsch. chem. Gesells.*, **32**, 1899, p. 2745.

3-méthyl et 9-méthylurique dans le second. [R. Behrend ([1]), H. Biltz ([2]) et leurs collaborateurs.]

(C)

```
       (6)                      CO²H                              (5)
(1)NH—CO                         |          milieu acétique  (6)NH—CH—NH(1)
   |   |    (7)              NH—C—NH      ┌──────────────→     |   |    |
(2)CO (5)C—NH   (8)  +O+H²O   |   |   |    │     —CO²      (7)CO  |   CO(2) allantoïne
   |   ||     >CO  ———→      CO  |  CO ——┤                   |   |    |
(3)NH—C—NH                    |   |   |    │              (8)NH²  CO—NH(3)
     (4)  (9)                NH—C—NH      │                       (4)
                                 |         │                            CO²H
                                OH         │ milieu alcalin              |
                                           └──────────────→ NH²—CO—NH—C—NH—CO—NH²
                                                +H²O                     |
                                                                        CO²H

  Acide urique.          Oxyacétylène-                       Acide uroxanique.
                          diuréine-
                          carbonique.
```

L'uricolyse résulte de trois réactions chimiques successives : l'oxydation, l'hydratation et la décarboxylation; la première et la troisième, ayant des pH optima différents, ont pu être séparées l'une de l'autre par K. Félix, F. Scheel et W. Schuler ([3]).

Dans l'oxydation permanganique de l'acide urique, W. Schuler et W. Reindel ([4]) réussissent à isoler l'oxyacétylènediuréinecarbonique, hypothétique, à l'état de sel tri- et diargentique, et à produire à ses dépens l'allantoïne et l'acide uroxanique.

W. Schuler et W. Reindel pensent que ce corps doit aussi se former *in vivo* dans l'uricolyse et précéder l'allantoïne.

Formation de l'acide allantoïque par l'action du soja sur le produit intermédiaire de l'oxydation permanganique de l'acide urique. — On oxyde à froid l'acide urique dissous dans la potasse, par la quantité de permanganate correspondant à 1 atome d'oxygène par molécule d'acide urique.

La liqueur, exempte d'acide urique, pourvue de soja et de KCN (pour

---

([1]) R. Behrend, *Liebig's Annalen der Chemie*, **333**, 1904, p. 141; R. Behrend et R. Schultz, *ibid.*, **365**, 1909, p. 21; R. Behrend et Ziegler, *ibid.*, **410**, 1915, p. 337; Venable, *Am. Soc.*, **40**, 1918, p. 1102 et 1111.

([2]) H. Bilz et F. Max, *Berichte der deutsch. chem. Gesells.*, **53**, 1920, p. 1964; H. Bilz et R. Robl, *ibid.*, **53**, 1920, p. 1971; H. Bilz et F. Max, *ibid.*, **54**, 1921, p. 2454.

([3]) K. Félix, F. Scheel et W. Schuler, *Zeitschr. phys. Chem.*, **180**, 1929, p. 90-106.

([4]) W. Schuler, *Zeitschr. phys. Chem.*, **208**, 1932, p. 237; W. Schuler et W. Reindel, *ibid.*, **208**, 1932, p. 248-257; **215**, 1933, p. 258-266.

inhiber les ferments oxydants) engendre l'acide allantoïque, que l'on isole et identifie par l'analyse qualitative élémentaire, sous forme de son sel d'argent.

La même expérience avec ce végétal préalablement porté à 120° ne permet pas d'isoler d'allantoate d'argent.

Puisque ce produit d'oxydation de l'acide urique se comporte comme l'allantoïne en présence de l'allantoïnase, nous avons institué de nouvelles expériences, en partant du sel triargentique de l'oxyacétylènediuréine-carbonique, exempt d'allantoïne, isolé par Schuler et Reindel. Les résultats sont identiques.

Expériences A. — Neutraliser partiellement par HCl N la liqueur d'oxydation venant d'être préparée, en lui conservant une très faible réaction alcaline; la diluer de manière que son titre corresponde à 1^g, environ, par litre, de l'acide urique initial.

Placer au bain d'eau à 40°, pendant 15 heures, en flacons bouchés, les milieux suivants :

	E	T
Liqueur d'oxydation	150^{cm^3}	150^{cm^3}
Soja broyé	$1^g,50$	-
Soja broyé porté à 120°	-	$1^g,50$
Cyanure de K	$0^g,015$	$0^g,015$
Carbonate d'ammonium	$0^g,30$	$0^g,30$
Chloroforme	$0^{cm^3},5$	$0^{cm^3},5$

Caractérisation de l'acide allantoïque par la formation d'urée résultant de l'hydrolyse acide :

A 5^{cm^3} des liquides filtrés, ajouter HCl N pour amener le titre acide à N/20 environ; chauffer 30 minutes à 60°; alcaliniser, déféquer par l'iodomercurate acétique. Appliquer au filtrat la méthode de dosage pondéral de l'urée dans le sang.

Le milieu E donne un abondant précipité de xanthylurée, tandis que le témoin T reste limpide.

Isolement de l'acide allantoïque :

Filtrer sur coton E et T; déféquer par 1/20e de leur volume de nitrate d'argent N; centrifuger; ajouter aux liquides de l'acétate mercurique jusqu'à ce qu'il ne se forme plus de précipité; après 3 heures à la glacière, centrifuger et laver deux fois avec de l'eau; décomposer par H^2S, dans la glace, le dépôt délayé dans 15 à 20^{cm^3} d'eau; centrifuger et ajouter du nitrate d'argent pulvérisé à la liqueur privée de H^2S par courant d'air. Après quelques heures à la glacière, recueillir le dépôt argentique, le laver trois fois à l'alcool et le dissoudre au bain-marie bouillant dans 8 à 10^{cm^3} d'eau. Le

filtrat abandonne à la glacière de belles aiguilles groupées que l'on soumet à une nouvelle cristallisation ; laver à l'alcool absolu, à l'éther et sécher dans le vide.

Analyse. — Trouvé : Ag pour 100, 37,84 ; calculé pour

$(NH^2CONH)^2CH.CO^2Ag$: Ag pour 100, 38,12.

Une trace de ce sel traité par une goutte de HCl dilué, 1 minute à 100°, produit de l'urée, et une très forte réaction colorée avec le réactif chlorhydrate de phénylhydrazine-ferricyanure-HCl.

Expériences B. — L'oxydation de l'acide urique par le permanganate et la précipitation du sel triargentique de l'oxyacétylènediuréinecarbonique ont été faites en suivant exactement la technique de Schuler et Reindel.

Décomposer par le chlorure de sodium en léger excès moléculaire, en présence de quelques gouttes d'acide acétique à 50 pour 100. dans la glace, 2^g de sel d'argent en suspension dans l'eau ; centrifuger, laver le précipité par l'eau ; neutraliser, compléter le volume à 400^{cm^3} et soumettre cette liqueur aux expériences précédemment décrites.

Le liquide E, seul, produit l'acide allantoïque, caractérisé par l'urée formée en milieu acide, puis identifié par l'analyse de son sel d'argent.

Analyse. — Trouvé : Ag 37,92 pour 100 ; calculé pour

$(NH^2CONH)^2CHCO^2Ag$: Ag 38,12 pour 100

Conclusion. — Rien ne s'oppose à ce que le terme intermédiaire d'oxydation permanganique alcaline de l'acide urique, l'oxyacétylènediuréinecarbonique de Behrend-Bilz-Schuler-Reindel se forme aussi dans la fermentation de l'acide urique et produise, *par action purement chimique ou diastasique*, l'allantoïne que l'allantoïnase transforme en acide allantoïque.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *L'homme est insensible, même sous forme d'infection inapparente, à l'inoculation des virus aphteux des types connus.* Note de MM. **Charles Nicolle** et **L. Balozet**.

Dans des Communications antérieures, nous avons montré que certaines maladies animales, étrangères en apparence à l'homme, pouvaient cependant être communiquées à notre espèce sous forme d'infection inapparente. Tel est le cas de la maladie du jeune âge du chien [1] ; tel est celui de la peste porcine [2]. La virulence du sang des individus inoculés de ces virus

(1) Ch. Nicolle, *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 1069.

(2) Ch. Nicolle et L. Balozet, *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 1537.

révèle seule la sensibilité de l'homme. Aucun signe clinique ne l'accompagne, et, jusqu'à présent, aucune donnée d'ordre épidémiologique n'avait conduit à soupçonner le fait.

La fièvre aphteuse nous apporte un exemple contraire. Bien qu'elle soit considérée par bon nombre de médecins et de vétérinaires comme pouvant se transmettre à notre espèce, celle-ci se montre réfractaire aux inoculations, même, ainsi que nous le verrons, sous forme de maladie inapparente.

On sait que l'homme peut présenter des lésions vésiculeuses, analogues aux aphtes des bovidés. Le siège classique de ces lésions est la muqueuse buccale; exceptionnellement on les a vues s'étendre aux doigts et aux orteils. Le caractère épidémique de certaines de ces manifestations et leur coexistence avec des épizooties bovines ont pu faire penser à l'identité des infections. C'est en partant de telles observations que Kling et Höjer attribuent à l'homme un rôle important dans la dissémination de la fièvre aphteuse : le virus de cette maladie pourrait, d'après eux, se conserver à la surface des muqueuses de l'homme et le sérum humain montrerait, au cours des épizooties, un pouvoir virulicide marqué vis-à-vis du virus aphteux.

Des conclusions analogues ont été formulées par Pape, qui se serait inoculé accidentellement le virus aphteux, et par Pancera, par Gerlach, qui auraient obtenu la transmission des aphtes humains aux bovidés. Ces diverses observations et expériences sont insuffisantes. La preuve de l'identité des virus ne sera acquise que si, partant de l'homme contaminé, on transmet la maladie aux animaux d'expérience, puis qu'après plusieurs passages positifs, on démontre, par l'épreuve des immunités croisées avec un virus aphteux authentique, que le virus recueilli sur l'homme est bien, lui aussi, un virus aphteux.

Cette démonstration manque encore. Au contraire, on connaît de nombreux essais négatifs de transmission de la fièvre aphteuse à notre espèce. Parmi les tentatives les mieux conduites, citons celles de Ch. Lebailly (¹). Cet auteur n'a pu transmettre la fièvre aphteuse par inoculation à trois personnes, d'une lymphe, virulente pour les bovidés témoins. Il a échoué également dans des essais d'inoculation au veau du liquide des vésicules de la stomatite aphteuse (il vaudrait mieux dire pseudo-aphteuse) humaine.

Aucun expérimentateur n'avait encore cherché la sensibilité de l'homme en tenant compte : d'une part, de la pluralité des virus aphteux, de l'autre de l'existence des infections inapparentes. Grâce à l'obligeance de

(¹) *Comptes rendus*, 172, 1921, p. 1140.

M. Rinjard, qui a bien voulu nous adresser les virus types O, A et C de son laboratoire, nous avons pratiqué cette expérience.

Avec chacun de ces virus, trois sujets ont été inoculés. Le matériel d'inoculation était constitué par une macération, pendant 24 heures, de lésions aphteuses provoquées sur les quatre pattes de cobayes; les animaux étaient sacrifiés 18 à 20 heures après l'inoculation; les pattes savonnées, rincées à l'eau stérile et les lésions prélevées divisées en petits fragments qu'on plaçait dans 5 à 6$^{cm^3}$ de sérum physiologique phosphaté. Après les 24 heures de macération et une filtration sur gaze, le liquide était inoculé dans le derme du bord de la paume de la main et de la plante du pied d'un sujet, dans l'épaisseur de la muqueuse de la joue et de la gencive d'un deuxième, et le reste du liquide, 4 à 5$^{cm^3}$ dans les muscles de la cuisse d'un autre sujet. L'inoculation d'un cobaye témoin a, chaque fois, démontré la parfaite virulence du matériel injecté.

Aucun des neuf sujets adultes, inoculés des trois manières décrites et avec chacun des trois virus, n'a manifesté de réaction locale ou générale. Leur sang, prélevé aux 24e, 48e et 72e heures et inoculé au cobaye et au porcelet, n'a pas provoqué le développement de la fièvre aphteuse. La quantité de sang, inoculée dans les muscles du porcelet, atteignait cependant 45 à 55$^{cm^3}$ (total des prélèvements pendant les trois jours). Aucun des virus aphteux connus n'a donc infecté l'homme, même sous forme inapparente, même par inoculation intramusculaire d'une quantité importante de virus. Toute trace en était disparue du sang, 24 heures après l'inoculation.

Ces expériences, poursuivies au cours de l'année 1932, ont eu lieu en l'absence de toute épizootie de fièvre aphteuse, alors que la maladie n'avait pas été signalée en Tunisie depuis plusieurs années. Il n'y a donc pas lieu de penser que nous avons inoculé des sujets, réfractaires du fait d'une atteinte antérieure et dont le sang aurait présenté des propriétés virulicides, signalées par Kling et Höjer.

En concluant au défaut de sensibilité de l'homme à l'égard des virus aphteux O, A et C, il convient de faire remarquer que les virus dont nous nous sommes servis sont des virus adaptés au cobaye. On sait que les propriétés pathogènes de tels virus à l'égard des espèces naturellement atteintes sont quelque peu modifiées.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Transmission du typhus murin par piqûres et ingestion de puces infectées.* Note de MM. **Charles Nicolle**, **J. Laigret** et **P. Giroud**.

Nous avons montré, dans une Note précédente [1], que les virus des fièvres exanthématiques sont capables de traverser la paroi digestive des rats. Nos expériences portaient sur trois virus d'origine murine (un de Toulon, deux de Mexico), sur un virus typhique historique (Tunis) et sur un virus de la Fièvre pourprée des Montagnes Rocheuses (Montana).

Nous avons repris ces expériences en nous servant, non plus d'organes virulents, mais de puces infectées. Nous avons limité nos recherches à l'un des virus murins, celui de Toulon, et à l'espèce la plus répandue des puces du rat, *Xenopsylle cheopis*.

Expériences : *Puces.* — 102 puces sont nourries, matin et soir, le 7 décembre, sur un cobaye au quatrième jour de sa fièvre; on leur ajoute, le lendemain, 58 puces neuves et l'ensemble est nourri, matin et soir, ce même jour et le jour suivant sur des cobayes infectés du virus toulonnais et fébriles.

Au quatrième jour de l'expérience, les 160 puces sont portées sur un singe, *Macaccus rhesus*, et nourries sur lui pendant 8 jours consécutifs, matin et soir.

Le dix-huitième jour de l'expérience, il reste 75 puces vivantes; elles sont tuées par le chloroforme et bien lavées; ensuite on les broie. Une moitié du produit de broyage est inoculée sous la peau des cobayes 101 et 103; l'autre est ingérée, après mélange avec du pain, par les rats blancs 53 et 55, laissés à jeun depuis quelques heures. Ces rats ingèrent dans sa totalité le pain contaminé en moins d'une heure.

Singe piqué par les puces infectées. — Observé pendant 23 jours, ce singe n'a présenté aucun symptôme, en particulier aucune élévation thermométrique. Réinoculé quatre jours plus tard avec le virus toulonnais de passage (témoin positif), il ne s'est pas infecté. Les piqûres de puces lui avaient donc donné un typhus inapparent qui l'a vacciné contre l'inoculation virulente d'épreuve.

Cobayes inoculés sous la peau avec le produit de broyage des puces infectées (Cob. 101 et 103). — Ils se sont comportés de même. Aucune élévation

---

[1] *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 225.

thermométrique à la suite de l'inoculation des puces broyées (observation 20 jours). Éprouvés après ce délai par l'inoculation du virus de passage (témoin positif), ils n'ont présenté aucune fièvre. L'épreuve est recommencée au 21ᵉ jour; même résultat négatif. L'inoculation du produit de broyage des puces avait donc donné aux deux cobayes un typhus inapparent qui les a immunisés contre l'inoculation virulente d'épreuve (répétée deux fois).

Rats ayant ingéré le produit de broyage des puces infectées (Rats 53 et 55). — Ils se sont comportés de même; aucune élévation thermométrique. On les sacrifie le 13ᵉ jour et l'on inocule leurs cerveaux aux cobayes 115 et 117.

Les cobayes 115 et 117 se sont comportés de même; ils n'ont présenté aucune élévation thermométrique. Éprouvés au 21ᵉ jour par l'inoculation du virus de passage, ils ne se sont pas infectés.

L'ingestion par les rats de puces infectées a donc donné à ces rats un typhus inapparent qui s'est transmis aux cobayes par l'inoculation du cerveau des rats sous forme, aussi, d'infection inapparente, leur conférant l'immunité contre l'inoculation virulente d'épreuve.

Résultats et conclusions. — Ces expériences confirment ce que l'on savait déjà sur le rôle des puces dans la transmission du typhus murin; elles enseignent, en outre :

1° Que le singe peut être infecté par piqûres de puces (jusqu'à présent, les expériences d'infection tentées par piqûres directes ont échoué sur cobayes et sur rats);

2° Que les rats peuvent s'infecter par ingestion des puces. Cette constatation, jointe à celle que notre dernière Note avait apportée, montre que c'est d'ordinaire par voie digestive que se fait la transmission du typhus murin de rat à rat (ingestion des puces, cannibalisme des rats).

3° Nos expériences font ressortir, une fois de plus, l'importance des infections inapparentes dans les typhus. Aucun des animaux infectés par les puces (singe, cobayes, rats) n'a présenté un typhus fébrile, quelle que fût la voie d'introduction (sous-cutanée, digestive) et, dans les expériences sur l'ingestion des cerveaux, rapportées par notre Note antérieure, la moitié des infections des cobayes, révélateurs de l'infection des rats, avait été inapparente. En l'absence de la connaissance de ce type d'infection, les résultats probants que nous présentons auraient été interprétés comme négatifs.

MAGNÉTISME. — *Diamagnétisme et température*. Note [1] de MM. **B. Cabrera** et **H. Fahlenbrach**.

L'ancienne idée de Weber, suivant laquelle le diamagnétisme serait un phénomène d'induction, reste encore la seule explication adéquate, car les théories plus concrètes de Langevin, Van Vleck et Bither, identiques, somme toute, à la précession de Larmor, ne sont valables que pour des atomes libres.

On ne saurait méconnaître, toutefois, que moyennant la formule de Langevin, appliquée aux susceptibilités atomiques, déduites d'après la loi d'additivité des susceptibilités moléculaires, on arrive, pour les rayons atomiques, à des valeurs tout à fait convenables. Cela suggère la possibilité de schématiser les couches atomiques (définies par le quantum principal n) comme étant des circuits à aire πR_n^2 et dans lesquels se produiraient les phénomènes d'induction postulés par Weber. La plus grende influence sur χ correspond à la couche superficielle, celle qui est aussi la plus sensible aux perturbations.

De la sorte on serait à même d'expliquer la loi d'additivité sous la forme qu'a donnée Pascal, soit

$$\chi_m = \sum_i a_i \chi_i + \lambda,$$

puisqu'alors le terme λ pourrait être interprété comme étant la mesure des déformations structurelles de la surface des atomes, déformations qui seraient produites, tant pour les liaisons atomiques que pour les forces cristallines, celles-ci à caractère plus simple.

Une analyse superficielle permet de conclure que χ_m doit être indépendante de la température, le changement brusque qui se produit lors de la fusion (Oxley) mis à part; une telle conclusion est, néanmoins, dans certains cas, en contradiction avec les résultats d'expérience.

Un exemple nous est fourni par toute une série de corps, y compris l'eau, les alcools à 1, 2, 6, 8 et 12 atomes de carbone, le nitrobenzène et le métacrésol que nous étudions actuellement dans l'intervalle — 50° à 150°C. Les résultats obtenus induisent à conclure que la loi générale concernant la variation thermique de χ est représentable au moyen d'une courbe,

---

(1) Séance du 24 juillet 1933.

comme celle représentée dans la figure 1, où t_f désigne la température de fusion. Pour des valeurs de t très éloignées de t_f, il arrive que χ devient constante, quoique sa valeur soit plus grande pour la phase liquide que pour la phase solide. Cette différence est, sans doute, attribuable au terme λ, provoqué par l'intervention des forces cristallines.

Certes, la grandeur du dernier terme λ doit être en rapport avec la structure de la molécule dont il s'agit. Des ce point de vue, il est intéressant de remarquer que, d'accord avec une idée déjà émise par Krishman et ses collaborateurs, la figure 2 suggère l'existence d'un certain parallélisme entre $\Delta\chi$ et le moment électrique dipolaire de la molécule considérée.

Bien souvent, au voisinage de t_f, mais comprenant une intervalle de température assez étendue (*fig.* 1), la valeur de χ varie avec t, et cela peut-être

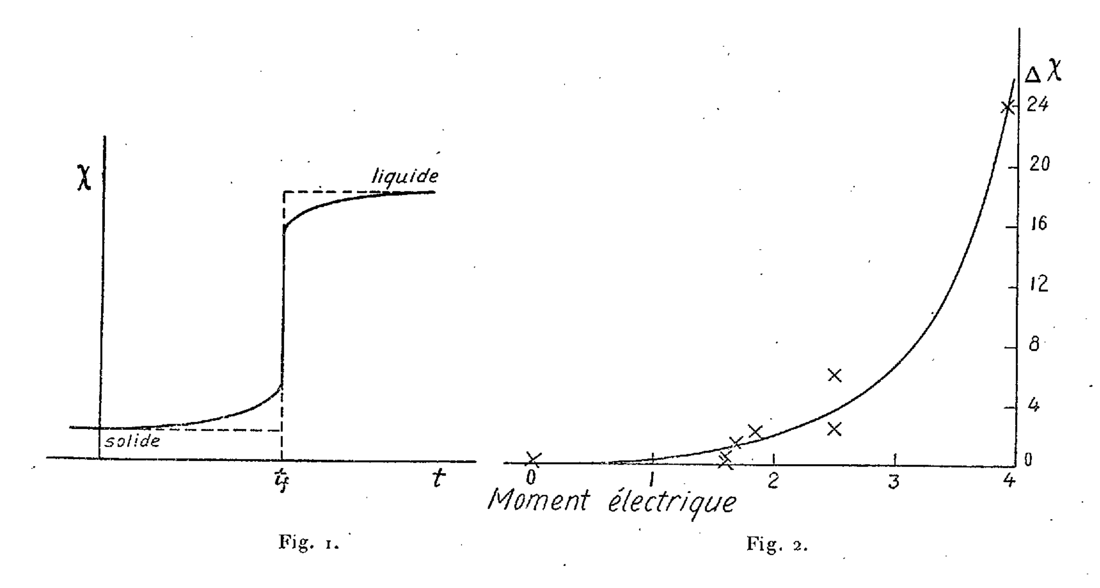


Fig. 1. Fig. 2.

comme conséquence des phénomènes de fluctuation. Pour $t > t_f$ ils peuvent exister, chez la phase liquide, des assemblages moléculaires à structure cristalline, qui réduisent la valeur globale de χ; par contre, lorsque $t < t_f$ quelques portions si petites soient-elles des cristaux seront démolies, ce qui entraînera une diminution parallèle dans la valeur de λ.

Nul doute, que la grandeur de la variation dépendra de la constitution du corps considéré. Aussi, il n'est pas étonnant que pour l'eau et les alcools ledit phénomène soit remarquable, tandis que chez le nitrobenzéne et le métacresol il soit bien difficile d'établir une intervalle où χ varie. Cette

influence de la constitution sur la variation de χ, au voisinage du point de fusion; peut avoir pour conséquence de faire que la courbe, au-dessus et au-dessous de cette température, montre une allure différente. Il est à remarquer qu'il n'y a aucun rapport direct entre le changement brusque de χ, lors de la fusion, et son domaine de variabilité au voisinage de la température de fusion.

Lorsqu'on tente d'appliquer la loi d'additivité à une série de corps, où le phénomène en question se produit, il faut se rapporter à la valeur asynthotique correspondante. Ainsi, pour la série des alcools que nous avons étudiés, on obtient

$$\chi_m = -(11{,}48\, n + 10{,}55) \,.\, 10^{-6},$$

n désignant le nombre des atomes de carbone, le coefficient $-11{,}48.10^{-6}$ étant la valeur de χ_{CH^2} et $-10{,}55.10^{-6}$ celle qui correspond à la somme $\chi_H + \chi_{OH}$.

Du point de vue de la règle d'additivité, il serait tout naturel d'identifier le terme $-10{,}55.10^{-6}$ à la susceptibilité moléculaire limite de l'eau, mais cette dernière ayant pour valeur $-13{,}09.10^{-6}$, la différence est bien au-dessus des erreurs admissibles. Ceci ne doit pas cependant beaucoup surprendre, car ce que nous désignons par χ_H est la partie du diamagnétisme qui correspond au système : proton + électron, tel qu'il est constitué dans la liaison H — C; d'une manière analogue χ_{OH} représente la fraction du diamagnétisme se rapportant à la liaison OH — C. Or, de toute évidence, ni l'un ni l'autre de ces systèmes ne peuvent être identifiés aux parties correspondantes de la molécule d'eau, en sorte que la différence entre les valeurs des deux constantes ($-10{,}55.10^{-6}$ et $-13{,}09.10^{-6}$) ci-dessus indiquées n'est donc que toute naturelle.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur le passage réversible des dimétaphosphates aux sels condensés de Graham.* Note [1] de MM. **Paul Pascal** et **Bonnmeman**.

La déshydratation des phosphates monométalliques a montré à l'un de nous que l'évolution de ces sels, dans la gamme des polymétaphosphates, dépend essentiellement de la nature du cation, au moins en ce qui concerne les dérivés alcalins. La préparation des polymétaphosphates à partir de sels d'argent nous a conduit à une filiation d'un genre différent.

---

(1) Séance du 24 juillet 1933.

Parmi les décompositions qui conduisent à un métaphosphate, on peut citer la pyrogénation de l'hypophosphate

$$P^2O^6Ag^4 \rightarrow \frac{2}{n}(PO^3)^nAg^n + 2Ag$$

ou la déshydratation du pyrophosphate acide

$$P^2O^7Ag^2H^2 \rightarrow \frac{2}{n}(PO^3)^nAg^n + H^2O.$$

Le sel d'argent, traité par une solution glacée de chlorure métallique, fournit le métaphosphate correspondant, dont le degré de condensation peut être présumé identique à celui du sel originel.

1. La formation du métaphosphate d'argent à partir de l'hypophosphate est une réaction autocatalytique, à départ lent; on l'accélère à l'origine en broyant le sel avec de l'argent réduit, en l'exposant aux vapeurs de formol, en y incorporant du métaphosphate d'argent par précipitation simultanée, ou bien en l'attaquant superficiellement par l'acide sulfhydrique.

Le métaphosphate alcalin qu'on obtient finalement, comme il a été dit plus haut, est précipité de sa solution par l'alcool froid, qui sépare ainsi l'espèce dominante. Celle-ci est tantôt cristalline, tantôt sous forme d'huile ne retenant guère que 30 pour 100 d'eau. Nous en avons mesuré par cryoscopie le poids moléculaire apparent M, et la conductibilité équivalente λ_v correspondant à la dilution v (en litres), à 25°. Le degré de condensation du métaphosphate et son état physique dépendent essentiellement de la température de formation θ, qui conditionne d'ailleurs la durée de chauffe t nécessaire à une transformation presque complète; on trouve ainsi :

θ.	*t*.	M.	λ_{32}.	λ_{128}.	λ_{512}.	$\lambda_{1024}-\lambda_{32}$.	État physique.
130°........	45 jours	300 env.	»	»	»	»	gomme
145........	15 jours	72	71	84	89	19	cristaux
155........	5 jours	148	52,7	67	78	31	huile fluide
180........	qq. heures	461	20,7	24,3	27	7,8	huile épaisse
325........	3 heures	421	22,6	23,4	25,1	3,2	huile épaisse

La chauffe à 130° n'a donné lieu qu'à une transformation incomplète, et il a fallu tenir compte de l'hypophosphate mêlé au métaphosphate pour avoir une valeur approchée de M.

Seul, le sel obtenu à 145° constitue une espèce chimique pure; il est identique au dimétaphosphate $(PO^3)^2Na^2, 6H^2O$, déjà décrit par l'un de nous. Celui qui résulte de la chauffe à 155° en diffère par une proportion notable

des polymétaphosphates complexes moins conducteurs, qu'on connaît depuis longtemps sous le nom de sels de Graham et qui constituent pratiquement la totalité des échantillons obtenus aux températures plus élevées.

C'est la première fois qu'on isole un dimétaphosphate certain, produit directement par voie thermique à partir d'un autre sel.

Ce composé paraît instable à toute température; au bout d'un temps considérable aux basses températures (130°), plus rapidement à température élevée ($\geq$155°), il devient incristallisable, par suite de sa condensation progressive. En même temps que le poids moléculaire apparent s'élève, la conductibilité baisse très rapidement et l'on atteint finalement le domaine des sels colloïdaux.

2. La décomposition thermique du pyrophosphate acide d'argent fournit des sels encore plus condensés. Conduite à 320°, elle permet d'obtenir par double décomposition un polymétaphosphate que l'alcool précipite encore à l'état d'huile hydratée incristallisable.

Les solutions aqueuses présentent une viscosité exceptionnelle qui, pour une concentration de 1 pour 100, est 25 fois environ plus grande que celle de l'eau; le poids moléculaire apparent en milieu dilué atteint 488°; la conductibilité est devenue très faible ($\lambda_{32} = 21$; $\lambda_{128} = 25\ldots$). On est en présence d'une substance s'apparentant avec les colloïdes.

3. Tous ces polymétaphosphates, comme les sels de Graham préparés à partir de phosphates alcalins monométalliques, sont légèrement acides en solution, et ce caractère s'accentue avec le temps, en même temps qu'apparaît le pyrophosphate résultant de l'hydratation.

Nous avons constaté que cette transformation avait lieu par l'intermédiaire du dimétaphosphate qui, comme l'un de nous l'a montré, passe si facilement à l'état de pyrophosphate acide. On met facilement le fait en évidence en suivant l'évolution des huiles hydratées précipitées par l'alcool dans les solutions de polymétaphosphates.

Dans le cas du sel de sodium, dérivé à 320° du pyrophosphate acide d'argent, on constate au bout de trois semaines la disparition totale de la viscosité des solutions; en même temps, le poids moléculaire apparent tombe de 488 à 72, la conductibilité et les réactions deviennent celles des dimétaphosphates.

Il y a donc évolution possible de ces derniers vers les sels de Graham sous l'action de la chaleur, et la dépolymérisation inverse s'observe au contact d'une petite quantité d'eau, dont un excès conduirait ultérieure-

ment au pyrophosphate acide. Ainsi s'explique le caractère légèrement acide des solutions de sels de Graham, propriété difficilement admissible pour un sel neutre de métal alcalin.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Jean Lugeon. *Notice préliminaire sur l'Expédition nationale polonaise de l'année polaire* 1932-1933 *à l'île des Ours.*

2° Georges Petit et R. Mourlan. *Madagascar* (Album de photographies). *Introduction* de M. le Gouverneur général Cayla.

THÉORIE DES VECTEURS. — *Sur les formes canoniques d'un trivecteur dans l'espace à six dimensions.* Note (¹) de M. **G. B. Gourewitch**, présentée par M. Élie Cartan.

Au moyen des méthodes que j'ai adoptées dans mes Notes (²), on réussit aussi à réduire aux formes canoniques les trivecteurs de l'espace à six dimensions.

Dans l'espace à six dimensions un trivecteur arbitraire peut être représenté dans une des formes canoniques suivantes (notations dues à M. Cartan) :

(I) $$\varpi = [pqr]$$

(ϖ est un trivecteur simple, c'est-à-dire son rang est égal à 3);

(II) $$\varpi = [abp] + [cdp]$$

(le rang de ϖ est égal à 5);

(III) $$\varpi = [aqr] + [brp] + [cpq]$$

et

(IV) $$\varpi = [abc] + [pqr].$$

(¹) Séance du 17 juillet 1933.

(²) *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 138 et **197**, 1933, p. 220.

[Dans les cas (III) et (IV) le rang de ϖ est égal à 6]. Les vecteurs p, q, r dans le cas (I), ainsi que les vecteurs a, b, c, d, p dans le cas (II) et a, b, c, p, q, r dans les cas (III) et (IV), sont linéairement indépendants.

Un trivecteur ϖ se ramène à la forme (I), si

$$\varpi_{[ijk}\varpi_{xy]z} = 0$$

(notations dues à M. Schouten); à la forme (II), si

$$\varpi_{[ijk}\varpi_{xy]z} \neq 0; \qquad \varpi_{lm[n}\varpi_{ijk}\varpi_{xy]z} = 0;$$

à la forme (III), si

$$\varpi_{lm[n}\varpi_{ijk}\varpi_{xy]z} \neq 0; \qquad \varpi_{[abc}\varpi_{lm[n}\varpi_{ijk}\varpi_{xy]z]} = 0,$$

enfin, il se ramène à la forme (IV), si

$$\varpi_{[abc}\varpi_{lm[n}\varpi_{ijk}\varpi_{xy]z]} \neq 0.$$

Je propose aussi des méthodes pour trouver les vecteurs inconnus p, q, r et respectivement les vecteurs a, b, c, d, p, ... Il est à remarquer que dans le cas (IV) il y a des trivecteurs ϖ réels pour lesquels p, a, q, b, r, c sont des vecteurs complexes conjugués deux à deux.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Théorie de la mesure. Sur le prolongement d'une fonction additive d'ensemble.* Note de M. **René de Possel**, transmise par M. Hadamard.

Le théorème qui fait l'objet de cette Note généralise celui de l'existence de la mesure de Lebesgue.

Soit $\mathfrak{E}$ un ensemble d'éléments abstraits, dit *fondamental*. Nous considérerons uniquement des ensembles formés d'éléments de $\mathfrak{E}$.

I. Nous dirons qu'une famille $\mathcal{E}$ d'ensembles est une famille $\boxed{\mathcal{J}}$ si l'intersection de deux ensembles de $\mathcal{E}$ appartient encore à $\mathcal{E}$, et si, E, F appartenant à $\mathcal{E}$ et F étant contenu dans E, l'ensemble E — F est la somme [1] d'un nombre fini d'ensembles de $\mathcal{E}$.

$\mathcal{E}$ étant une famille quelconque d'ensembles, nous désignerons par $\mathcal{E}_\sigma$ [2]

(1) *Somme* signifie que les ensembles sont disjoints. Nous disons *réunion* quand ils ne le sont pas nécessairement. L'*intersection* de plusieurs ensembles est l'ensemble des éléments qui sont dans tous ces ensembles.

(2) Voir F. Hausdorff, *Mengenlehre*, 2e édition, Leipzig, 1927, p. 51 et suiv.

la famille des ensembles obtenus en formant la réunion ([1]) d'une infinité dénombrable d'ensembles de $\mathcal{E}$, par $\mathcal{E}_{\sigma\delta}$ la famille obtenue en formant l'intersection ([1]) d'une infinité dénombrable d'ensembles quelconques de $\mathcal{E}_\sigma$.

$\mathcal{K}$ étant déjà une famille $\boxed{\mathcal{J}}$, nous dirons que c'est un σ-corps si $\mathcal{K}_\sigma = \mathcal{K}$ ([2]).

Toutes les fonctions d'ensemble que nous considérerons seront définies pour les ensembles d'une famille $\mathcal{E}$, appelée le *champ* de la fonction, et leur valeur sera un nombre nul, positif ou égal à $+\infty$.

E étant un ensemble quelconque de $\mathcal{E}$, somme d'ensembles E_i de $\mathcal{E}$, rappelons que λ est dite *additive au sens restreint* si l'on a $\lambda E = \Sigma \lambda E_i$ lorsque les E_i sont en nombre fini, et complètement additive si cette égalité est encore vraie lorsque les E_i sont en infinité dénombrable.

II. Une fonction d'ensemble μ est appelée *mesure* ([3]) si son champ comprend tous les sous-ensembles de $\mathfrak{E}$, et si μ vérifie les conditions suivantes :

Si F *est contenu dans* E, *on a* $\mu F \leqq \mu E$.

Si E *est la réunion d'une infinité dénombrable d'ensembles* E_i, *on a* $\mu E \leqq \Sigma \mu E_i$.

Nous dirons qu'un ensemble E est *mesurable-*μ si :

M.1. *Pour tout ensemble* A, *on a* $\mu(A) = \mu(A.E) + \mu(A.\complement E)$ ([4]) ;

M.2. E *est contenu dans la réunion d'une infinité dénombrable d'ensembles* E_i *pour lesquels* μE_i *est fini, et qui satisfont tous à* M.1.

On a alors le théorème suivant ([5]) :

La fonction d'ensemble $\underline{\mu|}$ *dont le champ est formé des ensembles mesurables-*μ, *et qui y est égale à* μ, *possède les quatre propriétés suivantes :*

B.1. *Les ensembles mesurables-*μ *forment un σ-corps ;*

B.2. $\underline{\mu|}$ *est complètement additive ;*

([1]) *Loc. cit.*

([2]) Par exemple, si E est la famille $\boxed{\mathcal{J}}$ des intervalles $a_i \leqq x_i < b_i$ de l'espace à n dimensions, le plus petit σ-corps contenant $\mathcal{E}$ est constitué par les ensembles de Borel (mesurables B).

([3]) Voir C. Carathéodory, *Reelle Funktionen*, 2e édition, Teubner, 1927, p. 238.

([4]) A.E désigne l'intersection de A et de E; $\complement$E désigne le complémentaire de E, c'est-à-dire l'ensemble des points de $\mathfrak{E}$ qui ne sont pas contenus dans E.

([5]) Démontré par C. Carathéodory, *loc. cit.* ([3]), p. 240 et suiv., en nommant mesurables tous les ensembles qui satisfont à M.1. Notre théorème de prolongement ne serait plus entièrement exact avec cette convention.

B.3. *Si* $\underline{\mu|}\,E = 0$, *tout sous-ensemble* E' *de* E *est mesurable-*μ *et l'on a* $\underline{\mu|}\,E' = 0$;

B.4. *Si* $\underline{\mu|}\,E = +\infty$, E *est contenu dans la réunion d'une infinité dénombrable d'ensembles* E_i *mesurables-*μ *pour lesquels les* $\underline{\mu|}\,E_i$ *sont finis.*

Enfin une mesure μ *est dite « régulière » si, pour tout ensemble* A *pour lequel* μA *est fini, et pour tout nombre positif* ε, *il existe un ensemble* E *mesurable-*μ, *contenant* A, *et tel que* $\mu E < \mu A + \varepsilon$.

III. Théorème de prolongement. — *Soit* λ *une fonction d'ensemble additive au sens restreint, dont le champ* $\mathcal{E}$ *est une famille* $\boxed{\mathcal{J}}$, *et telle que :*

Si un ensemble E *de* $\mathcal{E}$ *est contenu dans la réunion d'une infinité dénombrable d'ensembles* E_i *de* $\mathcal{E}$, *on a* $\lambda E \leq \Sigma \lambda E_i$;

Si $\lambda E = +\infty$, *il existe une infinité dénombrable d'ensembles* E_i *de* $\mathcal{E}$, *tels que les* λE_i *soient finis, et que* E *soit contenu dans la réunion des* E_i.

Pour tout sous-ensemble A *de* $\mathfrak{E}$, *définissons un nombre* μA *comme il suit : s'il n'existe pas de système fini ou dénombrable d'ensembles* E_i *de* $\mathcal{E}$ *dont la réunion contienne* A, *posons* $\mu A = +\infty$, *sinon posons* $\mu A =$ *borne inférieure des nombres* $\Sigma \lambda E_i$.

La fonction μ *ainsi définie jouit des propriétés suivantes :*

1° μ *est une mesure régulière* ;

2° $\underline{\mu|}$ *prolonge* λ. *Autrement dit tout ensemble* E *de* $\mathcal{E}$ *est mesurable-*μ *et vérifie* $\mu E = \lambda E$;

3° *Pour tout ensemble* E *mesurable-*μ, *il existe un ensemble* $\overline{E}$ *de la famille* $\mathcal{E}_{\sigma\delta}$ *contenant* E *et tel que* $\mu(\overline{E} - E) = 0$;

4° *Toute fonction d'ensemble qui vérifie* B.1, B.2, B.3, B.4 *et qui prolonge* λ *prolonge aussi* $\underline{\mu|}$ (¹).

IV. En particulier, si λ vérifie B.1, B.2, B.3, B.4, les fonctions λ et $\underline{\mu|}$ sont identiques (comme valeurs et champs).

Dans le cas où l'on prend pour λ la fonction $\underline{\nu|}$ correspondant à une mesure non régulière ν, la fonction $\underline{\mu|}$ obtenue est identique à $\underline{\nu|}$.

V. Le théorème de prolongement permet de définir le *produit de deux mesures* pour des ensembles fondamentaux différents. Cette notion généralise celle d'intégrale de Stieltjes-Lebesgue. Les démonstrations paraîtront dans un autre Recueil.

(¹) Si λ a pour champ l'ensemble d'intervalles de la note (²) ci-contre, et pour valeurs $\Pi(b_i - a_i)$, la mesure μ obtenue est celle de Lebesgue.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les points de convergence des séries trigonométriques générales.* Note [1] de M. **Tullio Viola**, transmise par M. Émile Borel.

Soit $\{a_n\}$ $(n = 1, 2, 3, \ldots)$ une suite de nombres réels quelconques. Considérons la suite des valeurs absolues

$$(a) \qquad |a_1|, \quad |a_2|, \quad |a_3|, \quad \ldots, \quad |a_n|, \quad \ldots$$

et un nombre $\xi > 0$ quelconque. Pour chaque entier $r > 0$, désignons par $N(r, \xi)$ le nombre d'indices $n \leqq r$ tels que $|a_n| \geqq \xi$. Les valeurs

$$\overline{M}_a(\xi) = \overline{\lim_{r \to \infty}} \frac{N(r, \xi)}{r}, \qquad \underline{M}_a(\xi) = \underline{\lim_{r \to \infty}} \frac{N(r, \xi)}{r}$$

seront nommées respectivement *la fréquence supérieure* [*non gauche*] *de la suite* (a) *en* ξ et *la fréquence inférieure* [*non gauche*] *de la suite* (a) *en* ξ. Quand ξ varie, $\overline{M}_a(\xi)$, $\underline{M}_a(\xi)$ sont des fonctions de ξ. Elles sont monotones non croissantes, elles sont même constantes à l'intérieur de chaque intervalle contigu à l'ensemble dérivé de la suite (a). On a

$$0 \leqq \underline{M}_a(\xi) \leqq \overline{M}_a(\xi) \leqq 1$$

quel que soit ξ. Nous adoptons les notations

$$\underline{M}_a(+0) = \lim_{\xi \to +0} \underline{M}_a(\xi), \qquad \overline{M}_a(+0) = \lim_{\xi \to +0} \overline{M}_a(\xi).$$

Exemple. — Si x est un nombre irrationnel quelconque de l'intervalle $\overline{01}$, les fréquences de la suite $\{|\cos 2\pi n x|\}$ sont indépendantes de x. Elles coïncident toutes deux avec la fonction

$$M(\xi) = \begin{cases} \dfrac{2}{\pi} \arc\cos \xi & \text{pour} \quad 0 \leqq \xi \leqq 1, \\ 0 & \text{pour} \quad \xi \leqq 1. \end{cases}$$

Donc $\overline{M}(+0) = \underline{M}(+0) = 1$.

Nous trouvons le même résultat pour la suite $\{|\sin 2\pi n x|\}$. Si x est rationnel $= p/q$ fraction irréductible avec q multiple de 4, pour la suite $\{|\cos 2\pi n x|\}$, on a

$$\overline{M}(\xi) = \underline{M}(\xi) = \frac{q-2}{q} \qquad \text{pour} \quad 0 > \xi \leqq \sin \frac{2\pi}{q},$$

[1] Séance du 24 juillet 1933.

donc on a aussi $\overline{M}(+0) = \underline{M}(+0) = (q-2)/q$. Si q n'est pas multiple de 4, on a

$$\overline{M}(\xi) = \underline{M}(\xi) = 1 \qquad \text{pour} \quad 0 < \xi \leqq \sin\frac{\pi}{2q},$$

donc on a aussi $\overline{M}(+0) = \underline{M}(+0) = 1$.

Pour la suite $\{|\sin 2\pi nx|\}$, si $x \equiv p/q$ avec q pair, on a

$$\overline{M}(\xi) = \underline{M}(\xi) = \frac{q-2}{q} \qquad \text{pour} \quad 0 < \xi \leqq \sin\frac{2\pi}{q},$$

donc on a aussi $\overline{M}(+0) = \underline{M}(+0) = (q-2)/q$. Si q est impair, on a

$$\overline{M}(\xi) = \underline{M}(\xi) = \frac{q-1}{q} \qquad \text{pour} \quad 0 < \xi \leqq \sin\frac{\pi}{q},$$

donc on a aussi $\overline{M}(+0) = \underline{M}(+0) = (q-1)/q$.

Indépendamment des définitions et des notations posées, on peut énoncer le théorème suivant :

Si, pour la suite $\{a_n\}$ *des coefficients d'une série de cosinus* $\Sigma a_n \cos 2\pi nx$ [*d'une série de sinus* $\Sigma b_n \sin 2\pi nx$], *il existe deux nombres positifs* ξ, ε *et une infinité d'entiers* $r > 0$ *tels que les indices* $n \leqq r$ *pour lesquels* $|a_n| \geqq \xi$ [$|b_n| \geqq \xi$] *sont en nombre* $\geqq \varepsilon r$, *alors la série converge* (*en* $\overline{01}$) *tout au plus en un nombre* FINI *de points, c'est-à-dire tout au plus en les points x rationnels* $= p/q$ *avec q multiple de* 4 *et* $1/q \geqq \varepsilon/2$ [*avec q pair et* $1/q \geqq \varepsilon/2$ *ou q impair et* $1/q \geqq \varepsilon$].

(Ces points sont à une distance $\geqq \varepsilon^2/2$ l'un de l'autre.)

Si une série trigonométrique générale $\Sigma(a_n \cos 2\pi nx + b_n \sin 2\pi nx)$ converge en un point $x = \bar{x}$, alors les fréquences $\overline{M}_a(+0)$, $\underline{M}_a(+0)$ de la suite $\{|a_n|\}$ et celles $\overline{M}_b(+0)$, $\underline{M}_b(+0)$ de la suite $\{|b_n|\}$ sont liées par les relations suivantes :

1° Pour $\bar{x}$ irrationnel,

$$\overline{M}_a(+0) = \overline{M}_b(+0), \qquad \underline{M}_a(+0) = \underline{M}_b(+0);$$

2° Pour $\bar{x}$ rationnel $= p/q$ avec q impair,

$$\overline{M}_b(+0) - \frac{1}{q} \leqq \overline{M}_a(+0) \leqq \overline{M}_b(+0), \qquad \underline{M}_b(+0) - \frac{1}{q} \leqq \underline{M}_a(+0) \leqq \underline{M}_b(+0);$$

3° Pour $\bar{x}$ rationnel $= p/q$ avec q pair, mais pas multiple de 4,

$$\overline{M}_b(+0) - \frac{2}{q} \leqq \overline{M}_a(+0) \leqq \overline{M}_b(+0), \qquad \underline{M}_b(+0) - \frac{2}{q} \leqq \underline{M}_a(+0) \leqq \underline{M}_b(+0);$$

4° Pour $\bar{x}$ rationnel $= p/q$ avec q multiple de 4,

$$\overline{M}_b(+0) - \frac{2}{q} \leqq \overline{M}_a(+0) \leqq \overline{M}_b(+0) + \frac{2}{q},$$

$$\underline{M}_b(+0) - \frac{2}{q} \leqq \underline{M}_a(+0) \leqq \underline{M}_b(+0) + \frac{2}{q}.$$

Nous démontrerons le théorème suivant :

Si, pour une série trigonométrique générale

$$\Sigma(a_n \cos 2\pi n x + b_n \sin 2\pi n x),$$

il existe deux nombres positifs ξ, ε *et une infinité d'entiers* $r > 0$ *tels que les indices* $n \leqq r$ *pour lesquels* $\sqrt{a_n^2 + b_n^2} \geqq \xi$ *sont en nombre* $\geqq \varepsilon r$, *alors la série converge (en* $\overline{01}$*) tout au plus dans un nombre* FINI *de points. Ces points sont ou bien tous irrationnels ou bien tous rationnels. Ils sont ainsi caractérisés : si l'un quelconque* $x = \bar{x}$ *de ces points est irrationnel, tous les autres* $x = \bar{x} + y$ *ont du premier une distance* y *rationnelle* $= s/t$ *avec* $1/t \geqq \varepsilon/4$ *si* t *est pair, ou* $1/t \geqq \varepsilon/2$ *si* t *est impair. Si, au contraire, aucun de ces points n'est irrationnel, alors deux quelconques* $x = \bar{x} = p/q$, $x = \bar{x} + = p/q + s/t$ *de ces points sont tels que* $1/q + 1/t \geqq \varepsilon/4$.

Les démonstrations seront publiées dans un autre Recueil.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur la dissémination totale.* Note de M. D. Riabouchinsky, transmise par M. Henri Villat.

Dans des publications récentes, M. G. Bouligand [1] a attiré l'attention sur une intéressante classe de mouvements fluides, qu'il désigne sous le nom de *dissémination totale*. Je me propose, dans cette Note, de discuter ce problème en l'interprétant non pas comme une désagrégation ou un émiettement du liquide, mais comme une expansion continue de ce dernier. Ce point de vue est compatible avec la définition d'un fluide incompressible et permet d'appliquer à ce problème les équations du mouvement d'un gaz, en spécifiant que l'équation caractéristique a dans ce cas une forme spéciale. Nous nommerons un domaine fluide, limité par une surface Σ, *domaine à dissémination totale* ou *domaine* B, s'il satisfait aux conditions : 1° le lapla-

---

(1) *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 25 et 403.

cien de la pression Δp est positif ou nul en tout point du domaine; 2° la pression p est nulle sur Σ; nous nommerons *domaine normal* ou *domaine* A toute zone où ces deux conditions ne sont vérifiées simultanément pour aucune portion de cette zone. En raison de ces définitions, on peut écrire :

$$\overrightarrow{\text{grad}}\, p = \rho \overrightarrow{F_e} - \rho \vec{j} + (\lambda + 2\mu)\, \text{grad div}\, \vec{V} - \mu\, \text{curl curl}\, \vec{V};$$

$$p = 0, \qquad \text{div}\, \vec{V} = -\frac{1}{\rho}\frac{d\rho}{dt}\ (\text{dans B}); \qquad p > 0, \qquad \text{div}\, \vec{V} = 0\ (\text{dans A}).$$

Ces équations font voir qu'il faut tenir compte de la viscosité aussi bien dans le domaine B que A; en effet, il n'y aura de dissipation d'énergie dans un domaine à dissémination totale que si le fluide est parfait ou animé d'un mouvement d'ensemble comme un corps solide, ou bien, en admettant que $3\lambda + 2\mu = 0$ et le mouvement à trois dimensions, si

$$\overrightarrow{F_e} = \vec{j}, \qquad \vec{V} = f(t)\, \vec{r}.$$

Les surfaces Σ délimitant les zones A et B ne sont pas, en général, des surfaces fluides, mais des discontinuités pouvant se propager comme les ondes. Si ces discontinuités se propagent dans un domaine B, il faut tenir compte de la pression exercée sur Σ en appliquant le théorème des projections de quantités de mouvement.

Dans le cas d'un liquide se mouvant irrotationnellement, les forces d'inertie suffisent à empêcher l'apparition de zones B, même si la pression s'annule sur les surfaces limitant le liquide (¹); il n'en est plus nécessairement ainsi si le mouvement est rotationnel. Considérons deux exemples : 1° celui de la modification initiale du mouvement plan d'un liquide parfait non pesant animé d'une rotation d'ensemble entre deux parois circulaires concentriques de rayons r_1 et r_0, à l'instant où ces parois sont supprimées et les surfaces libres soumises aux pressions p_1 et p_0; 2° celui de la modification initiale du mouvement d'un liquide parfait pesant, animé d'un mouvement de rotation d'ensemble autour de l'axe d'un cylindre circulaire vertical de rayon $r_1 = 1$, muni d'un fond, le liquide étant complètement recouvert par un disque placé à une distance h du fond, à l'instant où ce disque est enlevé et la surface libre soumise à une pression uniforme p_0.

Le mouvement dérivant du potentiel de vitesse $\varphi_1 = \partial\varphi / \partial t\tau$, qu'il faut

(¹) RIABOUCHINSKY, *Comptes rendus*, **183**, 1927, p. 583.

superposer au mouvement rotationnel initial, doit être calculé d'après les conditions aux limites, en appliquant l'équation des pressions. Dans ces deux exemples l'angle polaire θ ne figurera pas dans φ_1 ; on s'en rend compte en appliquant le théorème des aires, la variation de la vitesse angulaire ω est du second ordre de petitesse par rapport à l'élément de temps τ.

La solution du premier problème est donnée par l'équation

$$\frac{2p}{\rho\,\omega^2}\log\frac{r_1}{r_0} = \left[r^2\log\frac{r_1}{r_0} - r_1^2\log\frac{r}{r_0} - r_0^2\log\frac{r_1}{r}\right] + \frac{2}{\rho\,\omega^2}\left[p_0\log\frac{r_1}{r} + p_1\log\frac{r}{r_0}\right],$$

r variant de r_0 à r_1, le premier crochet reste négatif, le second positif, et en donnant à p_0, p_1 des valeurs suffisamment petites, on obtiendra une zone B à l'intérieur de l'anneau fluide.

Comme solution du second problème, on a

$$p - \frac{1}{2}\rho\omega^2 r^2 + \rho g z + \rho\frac{\partial\varphi}{\partial t} = p_0 + \rho g h,$$

$$\frac{2}{\omega^2}\frac{\partial\varphi}{\partial t} = \frac{1}{2} + \sum_{k=1}^{\infty}\frac{4}{\mu_k^2}\,\frac{J_0(\mu_k r)}{J_0(\mu_k)}\,\frac{\operatorname{ch}\mu_k z}{\operatorname{ch}\mu_k h},$$

$$\frac{2\psi_1}{\omega^2\tau} = \sum_{k=1}^{\infty}\frac{4r}{\mu_k^2}\,\frac{J_1(\mu_k r)}{J_0(\mu_k)}\,\frac{\operatorname{sh}\mu_k z}{\operatorname{ch}\mu_k h},$$

où J_0, J_1 sont des fonctions de Bessel et μ_k les racines de l'équation $J_1(\mu) = 0$. Les lignes ($\psi_1 = 0$, $\theta = \theta_0$) se confondent avec l'axe du cylindre, les rayons du fond et les génératrices du cylindre; le potentiel φ_1 augmente le long de ces lignes de la valeur zéro au point ($z = h$, $r = 0$) à la valeur $\frac{1}{2}\omega^2\tau$ au point ($z = h$, $r = 1$, $\theta = \theta_0$). Il en résulte que, lorsqu'on fait abstraction de la pesanteur, la pression p diminue ou augmente avec le décroissement de z, selon que l'on considère l'axe ou les génératrices du cylindre; en diminuant la pression p_0, on déterminera l'apparition d'une zone B en premier lieu sur l'axe dans le voisinage du fond. En l'absence de la pesanteur, le liquide s'étalera en couche toujours plus mince le long de la paroi cylindrique.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Au sujet de l'influence de la température sur la détonation dans les moteurs à combustion interne.* Note de M. **P. Dumanois**, transmise par M. E. Jouguet.

Nous avons exposé précédemment [1] une théorie relative à la détonation, attribuant celle-ci aux phénomènes d'oxydation se produisant pendant la course de compression, et donnant lieu à la formation de peroxydes, au sens attribué à ce mot, par MM. Moureu, Dufraisse et Chaux, ces peroxydes étant des composés instables à décomposition exothermique.

Cette hypothèse de formation de peroxydes a été confirmée par les expériences entreprises en collaboration avec M. Mondain-Monval [2]; la production directe de tels corps a pu être réalisée par MM. Mondain-Monval et Quanquin [3]. Enfin, en collaboration avec MM. Laffite et Prettre [4], nous avons montré que si l'on considérait un mélange d'air et d'hydrocarbures saturés, un tel mélange présentait à la pression atmosphérique deux températures d'inflammation : l'une entre 250° et 300°, l'autre au delà de 550°. La première s'explique très simplement par la formation de peroxydes, qui, d'après les expériences ci-dessus indiquées, commencent à se former à partir de 120 à 130°, et seraient entièrement décomposés avant 300°. Cette température d'inflammation est donc relative au mélange complexe : air, hydrocarbures, peroxydes, produits de décomposition de ces peroxydes.

On conçoit donc que, si l'on élève assez la température du mélange carburé introduit dans le cylindre d'un moteur à explosion, on puisse franchir suffisamment rapidement la zone d'existence des peroxydes, et que dans ces conditions, la détonation doive disparaître.

Ce résultat vient d'être vérifié par mes collaborateurs MM. Bonnier et Moynot. Les expériences ont été faites sur le moteur à compression variable C.F.R. tournant à 600 t/mn, le refroidissement étant réalisé par une solution d'éthylglycol dans l'eau, maintenue à une température constante de 150°. Un couple thermo-électrique placé dans la chambre à explosion fournissait une valeur de la température moyenne en un point

(1) *Comptes rendus*, **186**, 1928, p. 292.
(2) *Comptes rendus*, **187**, 1928, p. 892; **189**, 1929, p. 761.
(3) *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 1158.
(4) *Comptes rendus*, **191**, 1930, p. 329; **191**, 1930, p. 414.

de cette chambre, et donnait ainsi un repère permettant de suivre le phénomène.

On met le moteur en marche et l'on attend que le régime de température soit bien stabilisé. A ce moment, on établit, en augmentant la compression, un régime de détonation très net, le couple indique une certaine température. Si l'on élève le taux de compression, la détonation augmente d'intensité et la température du couple s'élevant, la détonation commence par croître, puis, pour une certaine valeur de la température, la détonation disparaît complètement; le moteur tourne alors très silencieusement et très doucement; le fonctionnement continue ainsi, une fois l'allumage coupé. La température du couple continue à monter rapidement et, pour une certaine valeur de cette température, des retours au carburateur se produisent interrompant l'expérience. En coupant l'arrivée du combustible pour laisser refroidir un peu le moteur, on peut recommencer l'expérience; chaque fois, si le taux de compression est suffisant (aux environs de six dans le cas du moteur C. F. R.), la détonation cesse au moment où le couple marque une température bien définie, toujours la même, qui est de 340°C pour l'essence pure. En diminuant au-dessous de 150° la température du fluide réfrigérant, il ne nous a pas été possible d'obtenir la disparition de la détonation.

Ces résultats concordent pleinement avec ceux indiqués précédemment en particulier ceux relatifs à l'existence de deux températures d'auto-allumage. Ils montrent en même temps que lorsqu'on dépasse la limite de formation et d'existence des peroxydes, le moteur fonctionne par allumage par point chaud, sans qu'il se produise aucun phénomène de choc, car l'écart avec la seconde température d'auto-allumage demeure encore considérable.

Par ailleurs, l'augmentation de température du point chaud consécutif à l'avance exagérée entraîne une augmentation croissante de température, qui finit par être telle, que l'allumage se produit en fin de course d'aspiration en entraînant des retours au carburateur.

RELATIVITÉ. — *Sur une forme nouvelle des formules de Lorentz.*
Note de M. **J. Le Roux**.

On sait que la théorie de la relativité restreinte est basée sur une interprétation des formules de Lorentz. Cette interprétation elle-même contient

des hypothèses dont Poincaré avait à diverses reprises signalé la singularité [1]. Il est facile, par l'adjonction d'une autre variable, de leur donner une forme nouvelle, dont l'interprétation est affranchie de ces hypothèses.

Dans ce qui suit, je me borne à considérer les variables réellement transformées x et t. Supposant que l'on ait pris pour unité la vitesse de la lumière au sens de Lorentz, et désignant par α la vitesse de translation, nous écrivons les formules de Lorentz sous la forme

$$x' = \beta(x - \alpha t),$$
$$t' = \beta(t - \alpha x),$$
$$\beta = \frac{1}{\sqrt{1-\alpha^2}}.$$

Nous modifions d'abord ces notations en posant $\alpha = \sin\varphi$ et nous avons la forme équivalente

$$(1)\qquad \begin{cases} x' = \dfrac{x}{\cos\varphi} - t\,\mathrm{tang}\,\varphi, \\ t' = \dfrac{t}{\cos\varphi} - x\,\mathrm{tang}\,\varphi. \end{cases}$$

La transformation inverse se forme par le changement de signe φ,

$$(2)\qquad \begin{cases} x = \dfrac{x'}{\cos\varphi} + t'\,\mathrm{tang}\,\varphi, \\ t = \dfrac{t'}{\cos\varphi} + x'\,\mathrm{tang}\,\varphi. \end{cases}$$

L'association des équations (1) et (2) donne

$$t - t' = -\frac{t-t'}{\cos\varphi} + (x+x')\,\mathrm{tang}\,\varphi,$$

d'où, après réduction,

$$t - t' = (x+x')\,\mathrm{tang}\,\frac{\varphi}{2}.$$

Ce résultat peut s'écrire sous la forme suivante, symétrique par rapport aux deux systèmes de référence,

$$(3)\qquad t - x\,\mathrm{tang}\,\frac{\varphi}{2} = t' + x'\,\mathrm{tang}\,\frac{\varphi}{2}.$$

---

[1] Voir notamment *La Valeur de la Science*, p. 202-203.

Désignons par u la valeur commune des deux membres; nous avons

$$(4)\quad \begin{cases} t = u + x \operatorname{tang}\frac{\varphi}{2}, \\ t' = u - x' \operatorname{tang}\frac{\varphi}{2}. \end{cases}$$

La nouvelle variable u ainsi introduite a l'avantage de s'appliquer également aux deux systèmes de référence, par opposition aux temps lorentziens t et t' dont chacun s'applique à un seul système. Nous donnerons à u le nom de *temps commun*.

Dans la première des équations (1), remplaçons t par sa valeur tirée de la première équation (4); on trouve

$$(5)\quad x' = x - u \operatorname{tang}\varphi.$$

C'est l'équation d'une translation rectiligne et uniforme sous la forme ordinaire, la variable u jouant le rôle du temps et la vitesse de translation étant égale à $\operatorname{tang}\varphi$.

L'élimination de u entre les formules (4) et (5) donne de nouveau les formules de Lorentz.

Nous arrivons donc à la proportion suivante :

Étant donnés deux systèmes de référence qui se correspondent suivant les formules de Lorentz, il est toujours possible de leur adjoindre un temps commun u qui ramène la correspondance à une translation rectiligne et uniforme définie par l'équation (5), combiné avec un décalage des temps spéciaux, t et t', défini par les équations (4).

Réciproquement, en partant d'une translation rectiligne et uniforme quelconque, définie par l'équation (5), et en y adjoignant les temps lorentziens t et t' définis par les équations (4), on en déduit les formules de Lorentz par l'élimination du paramètre u.

L'apparente contraction de Lorentz et Fitz-Gerald s'explique très simplement par le décalage du temps lorentzien.

Désignons par S et S' les deux systèmes de référence. La position de S' par rapport à S est définie par le paramètre u, d'après la formule (5).

Prenons deux points M_1 et M_2 et comparons leurs coordonnées par rapport aux deux systèmes de référence. Si la comparaison correspond à une même position de S' par rapport à S, c'est-à-dire à une même valeur de u, on a

$$x'_2 - x'_1 = x_2 - x_1.$$

Il n'y a pas de contraction.

Mais si, au contraire, la comparaison de x_1 à x'_1 d'une part, celle de x_2 à x'_2 d'autre part, correspondent à des positions différentes S'_1 et S'_2, définies elles-mêmes par des valeurs différentes u_1 et u_2 du paramètre u, nous avons

$$x'_2 - x'_1 = x_2 - x_1 - (u_2 - u_1)\operatorname{tang}\varphi. \tag{6}$$

La théorie courante de la relativité compare les positions pour une même valeur de t, ce qui donne, pour u, deux valeurs différentes

$$u_1 = t - x_1 \operatorname{tang}\frac{\varphi}{2}, \qquad u_2 = t - x_2 \operatorname{tang}\frac{\varphi}{2}.$$

L'équation (6) donne alors

$$x'_2 - x'_1 = (x_2 - x_1)\left(1 + \operatorname{tang}\varphi \operatorname{tang}\frac{\varphi}{2}\right) = \frac{x_2 - x_1}{\cos\varphi} = \beta(x_2 - x_1).$$

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Potentiel d'ionisation et formation de la molécule d'hydrogène*. Note de M. **J. Savard**, transmise par M. A. Cotton.

Les constantes des termes électroniques de la molécule d'hydrogène, ainsi que celles de son ion H^{2+}, ont été calculées avec la plus grande précision par E. A. Hylleraas [1], au moyen des méthodes de la mécanique ondulatoire.

Il est intéressant de comparer les résultats de cette étude avec les valeurs expérimentales des potentiels d'ionisation de la molécule et de l'atome. Si nous choisissons comme unités :

a. d'action : $h/2\pi$ ($h = 6{,}54 \times 10^{-27}$ erg/sec.),
b. de masse : m (m = masse de l'électron),
c. d'énergie totale : Rh ($R = 109700\ \text{cm}^{-1}$),
d. de charge électrique : e (e = charge de l'électron),
e. de longueur : $a_H/2$ (a_H = rayon de l'orbite circulaire de l'atome de H pour $n = 1$, ou $0{,}532 \times 10^{-8}\ \text{cm}^{-1}$),

l'équation de Schrödinger s'écrit

$$\Delta\Psi + \left(\frac{E}{4} - U\right)\Psi = 0.$$

(1) *Zeit. f. Ph.*, 71, 1931, p. 739.

Résolvant cette équation, Hylleraas a calculé que l'énergie totale (énergie électronique + énergie potentielle $2/r$) de l'ion H^{2+} est minimum quand les deux noyaux positifs sont distants de $2r = 2a_{H}$. La valeur de cette énergie est $-1,2053$ unités Rh.

La courbe $E_{H^{2+}} = f(r)$ permet de déterminer, pour $r = a_{H}$, que

$$\frac{d^2}{dr^2}(E_{H^{2+}}) = 0,1952.$$

D'où, en appliquant la relation

$$\omega_0 = 2\sqrt{\frac{m}{M}}\sqrt{\frac{d^2E}{dr^2}},$$

on établit l'équation de l'énergie de vibration des noyaux

$$E^{\nu} = 0,0206\left(n + \frac{1}{2}\right) - 0,00051\left(n + \frac{1}{2}\right)^2.$$

L'énergie totale de l'ion H^{2+} à l'état normal (c'est-à-dire pour $n = 0$) sera

$$E^0_{H^{2+}} = -1,1951 \text{ unités } Rh \quad \text{ou} \quad 16,1 \text{ volts}.$$

D'une manière semblable et, en tenant compte de la perturbation apportée par l'introduction du deuxième électron, Hylleraas a calculé que l'énergie totale de la molécule d'hydrogène à l'état normal est

$$E^0_{H^2} = -2,3225 \quad \text{ou} \quad 31,4 \text{ volts}.$$

Ceci posé, considérons les potentiels d'ionisation de l'atome et de la molécule. Le premier est nécessairement égal à Rh, c'est-à-dire à 13,54 volts. Le deuxième, c'est-à-dire le travail nécessaire pour arracher à la molécule le premier électron, a pour valeur, mesurée expérimentalement, 15,7 volts. Nous remarquons immédiatement que l'énergie *totale* de la molécule est égale au double de son potentiel d'ionisation, qui représente non seulement l'énergie des deux électrons, mais encore toutes les énergies d'origines diverses que la théorie plutôt que l'expérience se plaît à attribuer à la molécule.

D'autre part, la différence $E^0_{H^2} - E^0_{H^{2+}}$ est égale à 15,3 volts. Le potentiel 15,7 représente sensiblement la variation d'énergie *totale* quand on passe de la molécule normale à l'ion normal.

Enfin, la mécanique ondulatoire calcule, pour la différence $E^0_{H^2} - 2E^0_{H}$,

$$E^0_{H^2} - 2E^0_{H} = 2,325 - 2 \text{ unités } Rh \quad \text{ou} \quad 4,37 \text{ volts}.$$

Or,

$$2[15,7 - 13,54] = 4,32 \text{ volts}.$$

L'énergie de formation de la molécule normale à partir des atomes normaux est égale à la double différence des potentiels d'ionisation de la molécule et de l'atome, c'est-à-dire à la différence des travaux qu'il faut effectuer pour enlever l'électron de chaque atome et reporter ces deux électrons sur une même orbite dont l'énergie est égale au potentiel d'ionisation expérimental de la molécule.

Le symbole $[H^+H^+]^{-2}$ représente les propriétés énergétiques de la molécule. Par exemple, pour la réaction $H^2 = H + H^+$, nous calculons

$$D = 2I_m - I_a = 17{,}86 \text{ volts},$$

en bon accord avec les résultats de l'ionisation directe : 17,8 volts.

Nos conclusions peuvent être généralisées. Il est en effet facile de vérifier que l'énergie de formation d'une molécule (O^2, N^2, S^2, C^2, H^2O, H^2S, NH^3, CO^2, CO, SO^2, SO, CH^4, CH^3-CH^3, Cl^2, Br^2, I^2, C^2N^2, ...) est égale à

$$n I_m - \Sigma_{n_A} I_A.$$

Avec les conditions

$$n = \Sigma n_A,$$

n_A ayant comme valeur supérieure le nombre d'électrons de valence de l'atome A.

PIÉZO-ÉLECTRICITÉ. — *Dynamomètres à cristaux piézo-électriques en vibration de résonance.* Note [1] de M. **Alexis Guerbilsky**, présentée par M. Villat.

Les dynamomètres piézo-électriques habituels présentent l'inconvénient de nécessiter un isolement particulièrement soigné lorsqu'il s'agit de mesurer des pressions constantes ou lentement variables. Pour remédier à cet inconvénient, M. Riabouchinsky m'a proposé d'utiliser dans un dynamomètre piézo-électrique destiné à être employé dans une soufflerie un quartz à vibrations entretenues pour mesurer la force appliquée en fonction des modifications du courant.

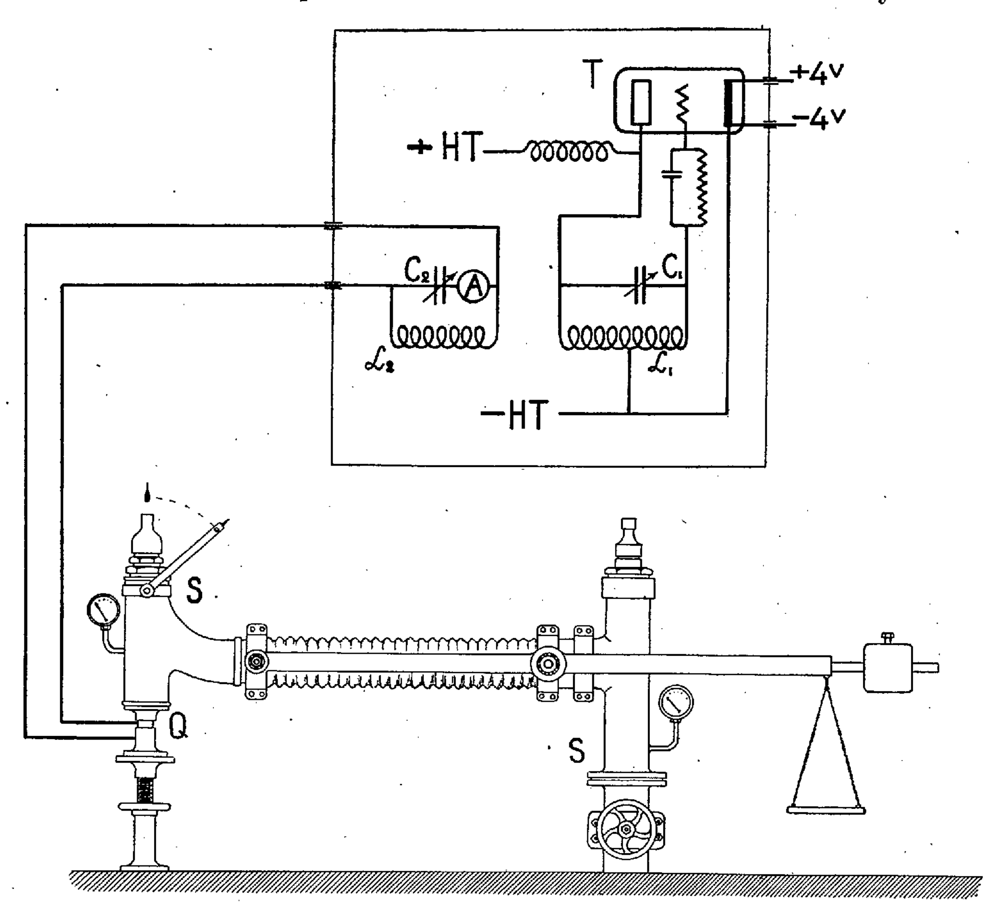
J'ai appliqué un dispositif analogue à celui que j'avais utilisé pour la réalisation des microphones piézo-électriques [2]. Un quartz piézo-élec-

---

[1] Séance du 10 juillet 1933.

[2] *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1871.

trique (voir la figure) était disposé entre deux armatures reliées aux bornes d'une bobine L_2 accordée par un condensateur C_2 et dans laquelle était induit un courant de haute fréquence. Ce courant était produit par une hétérodyne comprenant la self L_1, le condensateur C_1, la lampe triode T, etc. La fréquence du courant oscillant de cette hétérodyne était



de 6000 kilocycles environ correspondant à la résonance du quartz suivant son épaisseur. Une des armatures du quartz Q était reliée à la masse et au blindage tubulaire d'un câble à un conducteur isolé qui était relié à la deuxième armature du cristal. Le câble était de 4^m environ de façon que le système électrique était éloigné du quartz qui était soumis aux pressions à mesurer avec la soufflerie supersonique S de M. Riabouchinsky.

Lorsque le cristal entrait en résonance, il absorbait une grande partie du courant de son circuit et l'on voyait l'aiguille de l'ampèremètre A tomber

presque à zéro. Lorsqu'on exerçait sur le cristal une pression, par suite de l'amortissement introduit, les amplitudes des vibrations diminuaient et l'aiguille de l'ampèremètre indiquait des valeurs correspondant aux pressions exercées.

L'appareil peut être à plusieurs sensibilités. En effet, la loi des variations du courant en fonction de la pression varie suivant la puissance de l'hétérodyne. Il existe, pour chaque valeur de cette puissance un maximum pour la pression à mesurer. Ce maximum correspond à l'étouffement complet des vibrations du cristal et le courant correspondant est celui qu'on obtient si l'on supprime sur la courbe de résonance du circuit la « crevasse » due aux vibrations du quartz. Ainsi j'ai réalisé des appareils pouvant mesurer quelques kilogrammes ou quelques dizaines de grammes.

Lorsqu'on se propose non seulement de mesurer des pressions, mais aussi de les enregistrer, on peut, par exemple dans le cas d'un oscillographe à cadre mobile, détecter ou redresser le courant de haute fréquence. Dans le cas d'un oscillographe cathodique, on peut appliquer les tensions alternatives de haute fréquence directement.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur l'effet de conversion interne.* Note de M. **J. Solomon**, transmise par M. J. Perrin.

De récents travaux [1] ont montré que la théorie de l'électron de Dirac est en mesure d'expliquer de façon correcte l'effet de conversion interne, c'est-à-dire l'absorption par un électron d'un atome radioactif du photon γ émis par le noyau de celui-ci. La probabilité de ces transitions s'obtient par un calcul de perturbations. Si dans ces conditions E_0 est l'énergie initiale de l'électron, E_f son énergie finale, $h\nu$ l'énergie du photon γ, la théorie de la variation des constantes fait apparaître deux dénominateurs de résonance $E_f - E_0 - h\nu$ et $E_f - E_0 + h\nu$. Le premier dénominateur correspond à $E_f > m_0c^2 > 0$ et indique que l'électron est émis avec une énergie cinétique positive située dans le spectre continu (effet photoélectrique interne). Quant au second dénominateur, il n'a de sens qu'en théorie relativiste et lorsque $h\nu \geq 2m_0c^2$. Il y a en effet alors possibilité de résonance avec le spectre continu d'énergie totale *négative*

$$E_f = E_0 - h\nu < -m_0c^2 < 0.$$

[1] H. R. Hulme, *Proc. Roy. Soc.*, **138**, 1932, p. 643; H. M. Taylor et N. F. Mott, *Ibid.*, **138**, 1932, p. 665.

En vue de préciser dans ce problème les limites d'applicabilité de la théorie de Dirac, il peut être intéressant de donner une évaluation de la fréquence de ces dernières transitions. De façon générale, la probabilité de ces transitions est déterminée par le carré de l'élément de matrice

$$\int \psi_f^* V(\psi_0)\, dx\, dy\, dz, \tag{1}$$

où V désigne l'énergie d'interaction entre le noyau et l'électron. L'évaluation exacte en est assez compliquée [1], mais on peut se contenter [2] de remarquer que la valeur (1) dépend surtout des valeurs des fonctions d'onde à l'origine, et ceci d'autant plus que la fréquence est plus élevée, comme le montrent des considérations simples de conservation de l'énergie et de quantité de mouvement [3]. Ceci peut être vérifié pour ψ_0 : par exemple, les coefficients de conversion interne pour les électrons K et les électrons L_1 sont dans le rapport de 100 à 14, alors que les densités électriques à l'origine sont dans le rapport de 100 à 12,5. On peut donc appliquer cette approximation sans trop de risques d'erreur pour l'évaluation du rapport des fréquences de transitions vers les états d'énergie négative et vers les états d'énergie positive. La densité des électrons au voisinage de l'origine [4] est proportionnelle à

$$\frac{(1-\varepsilon^2)^{\sqrt{1-\gamma^2}}}{\varepsilon} e^{\pi\gamma|\varepsilon|} \left| S(1+\sqrt{1-\gamma^2}+i\gamma|\varepsilon|)\right|^2 r^{2(\sqrt{1-\gamma^2}-1)}$$

où r désigne le rayon vecteur, ε le rapport de l'énergie finale, E_f l'énergie au repos m_0c^2, γ le nombre $2\pi Ze^2/hc$ (Z étant le numéro nucléaire) soit environ Z/137. On en déduit pour le rapport ρ de la probabilité de passage vers les états d'énergie négative à la probabilité de passage vers les états d'énergie positive pour les différentes valeurs de $h\nu/m_0c^2 = \omega$ et $Z = 84$ (cas du radium C) :

ω	1,87.	2.	3.	5.	∞.
ρ	15,9	1,86	0,65	0,81	1

Il faut d'ailleurs remarquer que les premières valeurs (correspondant à $\omega = 1,87$, $\omega = 2$) sont fort sujettes à caution. Les fortes valeurs calculées

(1) Cf. le travail de Hulme dans le cas où E_f est positive.

(2) Cf. H. Casimir, *Nature*, **126**, 1930, p. 953; *Phys. Zeit.*, **32**, 1931, p. 665.

(3) Cf. F. Sauter, *Ann. d. Phys.*, **11**, 1931, p. 454.

(4) G. Beck, *Z. Physik*, **83**, 1933, p. 498.

pour φ proviennent de ce que, dans ces conditions, l'énergie finale est très voisine de l'énergie au repos $-m_0c^2$; par conséquent l'électron quitte très lentement la région nucléaire et la probabilité de la transition est d'autant plus forte. Mais il est évident alors que l'approximation faite dans le calcul de (1) n'est plus valable (elle ne serait en droit valable que pour $h\nu/m_0c^2$ infini). Il est toutefois probable que les valeurs suivantes sont suffisamment approchées.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur l'absorption des rayons γ très pénétrants.* Note [1] de M. **W. Gentner**, présentée par M. Jean Perrin.

Plusieurs travaux des dernières années (Tarrant, L. Meitner et Hupfeld, Chao, Jacobsen) ont montré que la formule de Klein et Nishina n'est en accord approché avec les expériences que pour les éléments légers, en employant les rayons du radium et du Th C″ très filtrés. Pour les éléments plus lourds, on trouve, entre la théorie et l'expérience, une différence qui augmente avec le nombre atomique. Pour le plomb et les rayons de Th C″, la différence est déjà d'environ 40 pour 100. On a montré qu'il n'est pas possible d'expliquer cette différence seulement par l'effet photoélectrique. Il faut plutôt croire qu'il y a, pour les rayons γ de grandes énergies, une absorption supplémentaire dans les noyaux lourds d'une nature encore inconnue.

D'après les expériences de L. Meitner et Hupfeld, il s'agit d'une diffusion nucléaire sans changement de la longueur d'onde, tandis que Gray et Tarrant croient que l'absorption supplémentaire est provoquée par une excitation dans le noyau correspondant d'un rayonnement caractéristique de celui-ci. Cette absorprion supplémentaire, dite diffusion nucléaire, augmente avec le poids atomique et avec l'énergie du rayonnement.

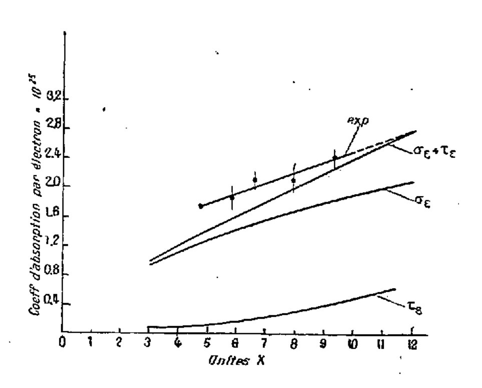
En outre, d'après les dernières expériences de I. Curie et F. Joliot et de L. Meitner et Philipp, une partie au moins des rayons γ très pénétrants provoque l'émission d'électrons positifs dans leur absorption par les éléments lourds.

On peut donc supposer que l'affaiblissement d'un faisceau de rayons γ de grande énergie est provoqué au moins par quatre effets différents : l'absorption par effet Compton, l'absorption photoélectrique, l'absorption

(1) Séance du 17 juillet 1933.

par diffusion nucléaire et l'absorption par excitation des électrons positifs.

L'absorption par effet Compton paraît conforme à la théorie de Klein et Nishina. La grandeur de l'effet photoélectrique peut être évaluée d'après la formule empirique de Gray. Sur les deux autres effets avec changement de longueur d'onde, il est difficile de dire quelque chose.



Pour éclaircir cette question, nous avons fait des expériences en examinant le coefficient d'absorption du plomb pour quelques longueurs d'onde. Pour obtenir certaines longueurs d'onde assez homogènes, nous avons diffusé le rayonnement du ThC″ filtré par 3^{cm} de plomb par un radiateur d'aluminium, pour obtenir seulement une diffusion Compton. Le radiateur ($3 \times 3 \times 3^{cm}$) était placé à une distance de 55^{cm} de la source de RdTh (100^{mg} Ra équi). Pour mesurer l'intensité des rayons diffusés, nous avons employé un tube de Geiger-Muller (2×4^{cm}) sans placer de protection au voisinage, afin d'éviter une diffusion secondaire, tandis que la source était bien protégée et le faisceau primaire bien canalisé. La distance entre le radiateur et le compteur était de 30^{cm} et restait invariable pour tous les angles. Le filtre absorbant en plomb était suspendu à égale distance du radiateur et du compteur. Les angles employés étaient 0°, 18°, 23°, 30°, 36° correspondant à des longueurs d'onde de 4,7 U.X, 5,9 U.X, 6,6 U.X, 7,9 U.X, 9,3 U.X.

La courbe donne les résultats de ces mesures. Le trait de part et d'autre du point expérimental indique la limite de l'erreur. La courbe $\sigma_\varepsilon + \tau_\varepsilon$ ($\sigma_\varepsilon =$ coefficient de diffusion par électron, $\tau_\varepsilon =$ coefficient photoélectrique par électron du plomb) est calculée d'après les formules de Klein et Nishina et de Gray. La distance entre la courbe calculée et la courbe expérimentale représente, pour chaque longueur d'onde, la grandeur du coefficient d'absorption de diffusion nucléaire. A la longueur d'onde de 12 U. X.,

environ, la courbe expérimentale rejoint la courbe calculée, c'est-à-dire, qu'au point de rencontre, la diffusion nucléaire sur le plomb commence. Il est remarquable que le commencement de la diffusion nucléaire correspondant à une énergie d'environ 1×10^6 eV est en accord avec l'hypothèse que cette absorption supplémentaire est en partie attribuée à la disparition d'un quantum avec projection d'un électron (—) et d'un électron (+), parce que l'énergie pour produire la masse des deux électrons est $1{,}02 \times 10^6$ eV.

D'autre part, deux faits expérimentaux sont encore en bon accord avec chacune des deux courbes. C'est, premièrement, la valeur du coefficient d'absorption pour le rayonnement du radium, mesuré et calculé par L. Meitner et Hupfeld, et deuxièmement, que la diffusion nucléaire est deux fois plus grande pour les rayons de Th C″ que pour ceux du radium (Gray et Tarrant).

Notons encore le travail de Chao qui, avec une méthode analogue à la nôtre, cependant moins exacte (faible intensité du rayonnement), n'a pu donner que des valeurs relatives entre le plomb et l'aluminium. Il suppose un saut de coefficient d'absorption dans le plomb pour la longueur d'onde de 6,6 U. X. Nous n'avons trouvé aucune indication de ce phénomène à la limite des erreurs expérimentales.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur le rayonnement β du radium E et du dépôt actif de l'actinium.* Note de M. **Marcel Lecoin**, transmise par M. Jean Perrin.

Nous avons étudié le rayonnement β primaire de désintégration émis par différents corps radioactifs et plus particulièrement la limite supérieure de vitesse des rayons émis par ces différents corps. Les renseignements sur ce point sont encore peu nombreux.

Nous nous sommes servis du dispositif expérimental établi à l'Institut du Radium par M. Skobetzyn pour ses recherches sur les électrons Compton. Ce dispositif comprend essentiellement un appareil à détente de Wilson placé dans un champ magnétique uniforme perpendiculaire au plan d'observation. On prend la photographie stéréoscopique des trajectoires de brouillard et de leurs rayons de courbure on déduit l'énergie d'un rayon β.

Mais, en réalité, les trajectoires parfaitement circulaires sont rares, par suite de nombreux chocs et déviations diverses qu'un électron subit dans le passage à travers l'oxygène remplissant la chambre. Le rayon des portions de trajectoires paraissant absolument régulières est déterminé par la mesure

d'une corde et de la flèche correspondante à l'aide d'un oculaire micrométrique à deux déplacements rectangulaires. Cette méthode permet de suivre les trajectoires point par point et de vérifier la régularité de la courbure. L'erreur dans les mesures est inférieure à 5 pour 100.

Rayonnement β *de l'actinium* B *et de l'actinium* C″. — Nous avons entrepris l'étude du rayonnement β émis par le dépôt actif de Ac, aucun résultat n'ayant été indiqué par cette méthode jusqu'à présent. La source était préparée par activation sur un disque de cellophane de $1^{mg},3$ au centimètre carré. Cette source portée par un tube métallique était introduite dans la chambre de Wilson, la face activée du disque de cellophane tournée vers l'intérieur de l'appareil : le rayonnement α était complètement arrêté alors que le rayonnement β subissait un ralentissement inappréciable. Une quinzaine de rayons étaient photographiés à chaque détente dont une dizaine seulement pouvaient être mesurés avec précision. On a évalué, cependant, la courbure des rayons rejetés ce qui a permis de constater que la proportion de ces rayons était à peu près la même pour chaque énergie à partir de 1500 Hρ, la statistique ne se trouvait donc pas faussée par ce choix.

Sur la ligne 1 du Tableau I sont reportés les résultats de la statistique portant sur 600 rayons.

Nous avons ensuite étudié dans les mêmes conditions le rayonnement émis par l'Ac″ seul, les sources étant préparées par recul sur disque de cellophane et introduites dans la chambre. Les résultats de la statistique portent actuellement sur 250 rayons qui figurent aussi au Tableau I.

Tableau I.

	Dépôt actif.	AcC″.		Dépôt actif.	AcC″.
Jusqu'à 1250 Hρ...	48	11	De 3750 à 4250....	54	28
De 1250 à 1750....	76	13	De 4250 à 4750....	46	24
De 1750 à 2250....	88	33	De 4750 à 5250....	27	9
De 2250 à 2750....	82	40	De 5250 à 5750....	16	6
De 2750 à 3250....	61	36	De 5750 à 6250....	8	4
De 3250 à 3750....	66	30	De 6250 à 6750....	6	3

La courbe de répartition des énergies (abscisses : énergie; ordonnées : nombres de rayons β) n'a de sens qu'à partir de 1500 Hρ; au-dessous de cette valeur, les rayons sont trop déviés pour qu'on puisse les observer correctement. Pour l'Ac″, elle a l'aspect d'une courbe en cloche dont le maximum est aux environs de 3000 Hρ et se termine vers 6500 Hρ. Si l'on trace la courbe correspondant à l'ensemble du dépôt actif et en admettant

que le nombre de rayons émis par l'AcB est égal au nombre de rayons émis par l'AcC, on obtient approximativement la courbe de répartition de l'AcB. Celle-ci a son maximum aux environs de 1000 Hρ et se termine entre 3000 et 3500 Hρ d'une façon qu'il est impossible de préciser pour l'instant.

Rayonnement β *de grande vitesse du radium* E. — Nous avons cherché à préciser la fin du spectre continu du radium E. Le dispositif employé était le même que précédemment; nous introduisions dans la chambre un faisceau de rayons β fortement canalisé. Les rayons sont répartis par le champ suivant une sorte de spectre; les rayons de plus grande vitesse sont à la partie extérieure de ce faisceau et peuvent être mesurés avec précision. Nous avons photographié environ 6000 rayons; sur ce nombre plus de 400 rayons furent mesurés, dont une centaine seulement ont été retenus et figurent dans le tableau suivant :

TABLEAU II.

	De 4600 à 5000 Hρ.	De 5000 à 5400 Hρ.	De 5400 à 5800 Hρ.	De 5800 à 6000 Hρ.	Au delà de 6000 Hρ.
Nombre de rayons émis.......	52	30	12	2	2 (1 de 7000, 1 de 6200)

Le nombre des rayons de 4800 Hρ est sûrement inférieur au nombre réel de rayons émis avec cette vitesse, certains de ces rayons se trouvant dans une partie du cliché où la mesure était difficile. La courbe de répartition des vitesses présente pour 5800 Hρ soit un arrêt, soit un changement brusque de direction. Il est difficile de savoir si les rayons de 6000 Hρ et plus appartiennent au spectre du radium E, ils ne peuvent être attribués à aucune impureté de radium, les sources employées contenant moins de 10^{-10} g. de Ra. La limite du spectre continu du RaE paraît donc être 5800 Hρ ± 250.

Nous avons également recherché si le RaE émettait des électrons positifs. Deux séries de clichés ont été faites et nous pouvons en conclure que le RaE émet moins de 1 électron positif sur 2000 rayons.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Les anomalies de trempe des fontes; leur rapport avec l'oxydation à l'état liquide.* Note [1] de M. **Auguste Le Thomas**, présentée par M. Léon Guillet.

On sait que le partage du carbone dans les fontes de moulage, entre le graphite et le carbure de fer dépend de la composition chimique, la teneur en silicium jouant un rôle prépondérant, et de l'allure du refroidissement après coulée. La mesure de l'épaisseur trempée d'une éprouvette parallélépipédique ($20 \times 80 \times 50^{mm}$) coulée contre un gros bloc de fonte caractérise l'aptitude à la trempe de la fonte; pour qu'une fonte convienne bien à la coulée d'une pièce d'épaisseur et de structure données, l'aptitude à la trempe doit être fixée, avec une précision de l'ordre de 2 à 3^{mm}, à un taux déterminé indiqué par la pratique. J'ai constaté que certaines influences d'allure accidentelle pouvant être rattachées à l'hérédité des fontes [2] et les conditions de chauffage du bain fondu agissent aussi sur l'aptitude à la trempe; tout se passe alors comme si un élément complémentaire à action trempante, non décelé par l'analyse chimique courante, se trouvait incorporé dans la fonte et persistait à travers les fusions.

En chauffant dans des fours (à creuset ou électrique) entre 1300 et 1400°, à bain nu, une bonne fonte de moulage, l'aptitude à la trempe croît progressivement; en deux ou trois heures, l'éprouvette est totalement trempée; l'analyse chimique ne révèle pas une modification de la composition (particulièrement sur le silicium), suffisante pour expliquer cette variation. Si la fusion est opérée sous un laitier désoxydant, l'aptitude à la trempe ne varie pas. Si l'on reprend la première expérience et qu'on désoxyde la fonte, soit dans le four par un laitier désoxydé, soit dans la poche par une addition convenable à un taux généralement minime, l'excédent de trempe acquis au cours du chauffage antérieur disparaît. Les éléments d'addition qui ont une action de ce genre ne sont pas nécessairement ceux qui sont connus comme graphitisants : l'aluminium, le magnésium, le zinc, le chrome, le silicium, le charbon de bois réduisent l'excédent de trempe; le nickel, le cuivre, le phosphure de cuivre, le molybdène, le graphite d'écume n'ont pas d'action nette. Ci-après, le résumé des expériences que j'ai effectuées.

---

(1) Séance du 10 juillet 1933.

(2) *L'hérédité des fontes*, suivie d'une observation de M. Léon Guillet (*Comptes rendus*, 185, 1927, p. 1595).

Durée du chauffage à 1350°.	Aptitude à la trempe (millim.).	Silicium %.	Teneur en carbone combiné des barreaux cylindriques de 15mm.	30mm.	60mm.
		Laitier désoxydé.			
0	3	1,70	—	—	—
30 minutes	3	1,68	0,81	0,76	0,76
		Bain nu.			
60 minutes	20	1,59	1,44	0,76	0,75
90 »	27	1,49	2,01	0,79	0,78
135 »	40	1,31	2,41	1,36	0,83
		Laitier désoxydé.			
165 minutes	40	1,21	—	—	—
195 »	35	1,21	—	—	—
225 »	30	1,19	—	—	—
255 »	16	1,17	—	—	—

Observations diverses. — 1. Variations des teneurs en différents éléments de la fonte : C, 2,59 à 2,63; S, 0,003; Mn, 0,78 à 0,74; P, 0,097.

2. La teneur en FeO du laitier croît progressivement de 0,70 à 5,57 % pour revenir ensuite à 0,82 %.

3. Aptitudes à la trempe avant et après diverses additions faites dans la poche : Al, 50 — 5; Mg, 40 — 5; Cu, 26 — 26; Cr, 26 — 12; Si, 26 — 2; phosph. de Cu, 50 — 50; Mo, 50 — 50; graphite, 50 — 50; Ni, 50 — 50; charbon de bois, 38 — 12.

Il résulte de ces expériences les enseignements suivants :

1° Une fonte de composition donnée a une aptitude à la trempe qui dépend des conditions de la fusion; les variations sont en concomitance avec l'oxydation ou la désoxydation du bain; elles ne dépendent pas sensiblement des températures de fusion et de coulée, du moins jusqu'à 1400 degrés.

2° L'aptitude à la trempe prend une valeur minimum lorsque la fonte a été convenablement désoxydée; cette valeur est indépendante de la nature du désoxydant (compte tenu s'il y a lieu de l'effet individuel du surplus de ce désoxydant qui reste dissout dans le bain) et est ainsi une caractéristique de la fonte, qu'on pourrait appeler aptitude normale à la trempe, dépendant uniquement de la composition chimique courante.

3° Dans le cas général, les fontes de moulage ont une aptitude à la trempe supérieure à cette valeur minimum; la différence, mesurée en coulant successivement deux éprouvettes dont l'une est désoxydée, pourrait

être appelée anomalie de trempe, caractéristique indépendante de l'analyse chimique courante de la fonte mais en rapport avec les conditions d'oxydation à l'état liquide (du moins jusqu'à 1400 degrés). L'anomalie de trempe est héréditaire dans les conditions ordinaires des fusions non accompagnées ou suivies de désoxydation; son augmentation s'accompagne d'une diminution de la coulabilité.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les combinaisons du bromure de zirconyle avec les bromures alcalins.* Note (¹) de M. **Ed. Chauvenet** et de Mlle **J. Boulanger.**

Poursuivant notre étude sur les composés susceptibles de se former en solution concentrée entre les oxy-halogénures de zirconium et les halogénures alcalins, nous avons recherché les combinaisons bromées. Comme pour les chlorures, nous avons appliqué la méthode des chaleurs de mélanges (²).

	Poids de 100^{cm^3} des solutions 1,5 N.	Chaleurs spécifiques.
	g	cal
Br^2ZrO	122,566	0,695
BrLi	108,842	0,905
BrNa	110,936	0,841
BrK	111,912	0,915
BrRb	118,394	0,838
BrCs	123,774	0,699
$BrNH^4$	107,880	0,803

Les mesures ont été faites dans un petit calorimètre placé dans un vase de Dewar, introduit lui-même dans une enceinte calorimétrique.

Le mélange des solutions de bromure de zirconyle et de bromure de lithium n'a produit aucun effet thermique.

Composition des mélanges.	Effet thermique.
Système Br^2ZrO — BrNa.	
	cal
10^{cm^3} Br^2ZrO — 20^{cm^3} BrNa	2,13
12 » — 18 »	3,30
15 » — 15 »	3,95
18 » — 12 »	3,33

La courbe présente un maximum pour le mélange Br^2ZrO — BrNa.

(¹) Séance du 17 juillet 1933.

(²) *Comptes rendus*, **171**, 1920, p. 855.

Système Br^2ZrO — BrK.

	cal
5^{cm^3} Br^2ZrO — 25^{cm^3} BrK	2,62
10 » — 20 »	4,84
15 » — 15 »	6,35
20 » — 10 »	6,87
25 » — 5 »	5,2

La courbe présente un maximum pour le mélange $2Br^2ZrO$ — BrK.

Système Br^2ZrO — BrRb.

	cal
10^{cm^3} Br^2ZrO — 20^{cm^3} BrRb	7,73
15 » — 15 »	11,24
18 » — 12 »	11,62
20 » — 10 »	9,88

La courbe présente un maximum pour le mélange $3Br^2ZrO$ — 2BrRb.

Système Br^2ZrO — BrCs.

	cal
10^{cm^3} Br^2ZrO — 20^{cm^3} BrCs	10,14
15 » — 15 »	14,05
18 » — 12 »	14,48
20 » — 10 »	12,85

La courbe présente un maximum pour le mélange $3Br^2ZrO$ — 2BrCs.

Système Br^2ZrO — $BrNH^4$.

	cal
10^{cm^3} Br^2ZrO — 20^{cm^3} $BrNH^4$	1,74
15 » — 15 »	2,63
20 » — 10 »	1,77

La courbe présente un maximum pour le mélange Br^2ZrO — $BrNH^4$.
Les combinaisons annoncées sont donc les suivantes :

Br^2ZrO, BrNa; Br^2ZrO, $BrNH^4$; $2Br^2ZrO$, BrK;
$3Br^2ZrO$, 2BrRb; $3Br^2ZrO$, 2BrCs.

Nous n'avons pu isoler que la dernière, par évaporation lente et à froid de la solution correspondante. Elle se présente sous la forme de gros cristaux brunâtres et brillants, cristallisant avec 27 molécules d'eau. La dessiccation dans l'air sec et à la température ordinaire conduit à l'hydrate à 21 molécules d'eau :

	Trouvé.		Calculé pour $3Br^2ZrO$, 2BrCs, $21H^2O$.
Br pour 100	39,86	Br pour 100	39,88
Zr pour 100	17,13	Zr pour 100	17,07

ISOMÉRIE SPATIALE ET EFFET RAMAN. — *Spectres Raman des orthodiméthylcyclohexanes isomères cis-trans.* Note de MM. **O. Miller** et **L. Piaux**, présentée par M. C. Matignon.

L'effet Raman est un des moyens les plus sensibles de mettre en évidence l'existence des formes isomères prévues théoriquement; deux composés, de même formule brute, mais dont la constitution spatiale diffère, n'ont pas le même spectre Raman, qu'il s'agisse d'isomérie de position pour les liaisons éthyléniques ou acétylénique, d'isomérie céto-énolique, d'isomérie cis-trans éthylénique, etc.

Nous avons étudié cette fois le problème de l'isomérie cis-trans, par rapport au plan du noyau, chez un carbure cyclique disubstitué, l'orthodiméthylcyclohexane, préparé par hydrogénation catalytique de l'orthoxylène. Les deux carbures saturés isomères ont été séparés par une série de 15 tours de distillation fractionnée; leurs constantes sont les suivantes [1]:

Dérivé *trans* : Eb. 123°,66-123°,72 sous 760mm; $D_4^{20} = 0,77586$.
Dérivé *cis* : Eb. 130°,02-130°,03 sous 760mm; $D_4^{20} = 0,79636$.

Les spectres ont été enregistrés avec le spectrographe décrit par Bourguel [2]; on a fait deux poses pour chaque composé, l'une sans filtre, l'autre avec interposition d'un verre GG_3 de Schott, qui absorbe la raie 4047 du mercure; l'effet Raman étant très faible, comme pour tous les composés saturés, il nous a fallu effectuer des poses de 24 heures [3]; aussi les indications F (forte), m (moyenne), f (faible) sont-elles toutes relatives. Le tableau ci-dessous rassemble les résultats obtenus; la colonne du milieu reproduit les résultats indiqués précédemment par MM. Godchot, Canals et Mlle Cauquil [3] pour l'orthodiméthylcyclohexane.

---

(1) O. Miller, *Bull. Soc. Chim. Belg.*, 42, 1933, p. 238.
(2) M. Bourguel, *Rev. d'Optique*, 10, 1931, p. 474.
(3) Avec plaques Opta.

Orthodiméthylcyclohexanes cis et trans. Spectres Raman.

Trans.	MM. Godchot, Canals, Mlle Cauquil.	Cis.
—	—	333 f
415 m	412	414 m
440 m	—	537 m
498 F	493	593 f
749 F	726	730 F
819 m	—	842 a F
857 m	—	920 f
950 m	952	944 m
1005 a F	1004	977 a F
1078 m	1078	1005 a F
1164 a F	1167	1053 m
1218 a F	—	1095 a F
1252 m	—	1159 m
1292 m.	—	1221 m
1343 a F } doublet	1260	1256 a F
1355 a F }	1363	1302 a F
1446 F } doublet	1447	1320 a F
1460 F }	—	1441 F }
2660 m	—	1455 m. bl }
2844 F	—	2854 TF
2854 F	2853	2873 a F
2915 F	—	2894 a F
2931 TF tl	2925	2927 TF tl
2950 m	—	2959 m
2975 m	—	2973 m

Conclusions. — 1° Les spectres Raman des deux isomères sont nettement différents, les seules raies communes sont :

414, 1005, 1446 environ (celle-ci très floue est la raie des CH^2), et les deux raies larges très fortes caractéristiques des liaisons C — H, 2854, 2928 environ.

La plus apparente de ces différences se trouve dans la région des basses fréquences : deux raies fortes à 498, 749 caractérisent le carbure trans, le carbure cis n'a qu'une raie forte à 730.

2° L'absence totale des raies fortes de chacun des carbures dans le spectre de l'autre, dans cette même région, où les lectures sont très faciles, montre leur haut degré de pureté, l'un par rapport à l'autre; les produits étudiés, d'une part, par MM. Godchot, Canals et Mlle Cauquil ([1]), pour l'effet Raman, d'autre part, par Zelinsky et Margolis ([2]), pour d'autres propriétés

([1]) Godchot, Canals et Mlle Cauquil, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 176.

([2]) *Ber. d. chem. Ges.*, 65, 1932, p. 1613.

physiques et chimiques, sont vraisemblablement tous des mélanges cis-trans en proportions diverses.

3° L'absence totale des raies dans la région 1600-1700 cm^{-1} semble indiquer que les isomères sont exempts d'impureté aromatique (en l'espèce, l'orthoxylène), dans les limites de sensibilité de l'effet Raman (moins de 1 pour 100 de xylène).

4° Le tableau de comparaison semble indiquer en outre que dans les limites de précision des mesures (quelques cm^{-1} en plus ou en moins), les fréquences des isomères se conservent dans le spectre du mélange étudié par MM. Godchot, Canals et Mlle Cauquil (¹); ce spectre est incomplet, du fait même du mélange, l'intensité de l'effet Raman étant fonction de la densité moléculaire de chacun des constituants.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les émétiques dérivés des acides mandélique et malique.* Note (²) de MM. **Volmar** et **Betz**, transmise par M. Delépine.

Nous avons étudié (³) les conditions dans lesquelles l'acide lactique, monoalcool et monoacide, et les lactates alcalins fixent l'acide antimonieux avec formation d'un composé cristallisé

$$CH^3-CHO-COOH \qquad CH^3-CHO-COONa$$
$$\underbrace{\qquad\qquad\qquad\qquad Sb(OH)\qquad}$$

Nous nous sommes proposés de rechercher l'influence sur cette fixation de l'introduction dans la molécule d'acide-alcool d'un radical aromatique ou d'un autre carboxyle, et dans ce but nous avons préparé les émétiques dérivés des acides mandélique et malique. Nous avons opéré comme dans le cas de l'acide lactique, en étudiant successivement :

1° La fixation en fonction du temps, qui nous a conduits à des courbes analogues à celles de l'éthérification.

2° La fixation en fonction de l'acidité, en opérant sur des mélanges de proportions variables d'acide et de sel alcalin; l'acide antimonieux fixé a été titré par la méthode habituelle à l'iode.

I. *Émétique dérivé de l'acide mandélique* $C^6H^5-CHOH-COOH$. —

(¹) *Loc. cit.*
(²) Séance du 24 juillet 1933.
(³) *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 355.

L'acide employé était de l'acide racémique de synthèse. Les résultats obtenus ont été réunis dans le tableau suivant :

Acidité libre (pour 100)................	0.	10.	18,5.	30.	50.	53,5.	76.	100
I $n/10$ employé pour 5^{cm^3} de solution (en centimètres cubes)..........	0,45	0,5	5,8	8,45	10,6	10,5	7,9	2,2

Le maximum de fixation correspond à *un mélange équimoléculaire d'acide mandélique et de mandélate de sodium :* il est nettement plus accentué que dans le cas de l'acide lactique.

Nous avons pu obtenir à l'état cristallisé l'antimoniomandélate de sodium, déjà entrevu, mais non isolé par Henderson et Barr (*J. Ch. Soc.*, 69, 1896, p. 1452), en nous plaçant dans les conditions correspondant au maximum de fixation et nous l'avons purifié par cristallisations répétées dans l'eau additionnée de 0,2 pour 100 d'hydroquinone agissant comme antioxydant et évitant son altération à l'air. Il se présente sous la forme d'aiguilles incolores, solubles dans l'eau, mais non dans les dissolvants organiques; ses solutions aqueuses ont une réaction nettement acide et brunissent rapidement à l'air; l'hydrogène sulfuré et les alcalis en déplacent facilement l'antimoine. Sa composition déduite des dosages de l'antimoine, de l'acidité et du sodium correspond à la formule :

$$\underbrace{C^6H^5-CHO-COOH \quad C^6H^5-CHO}_{Sb(OH)}-COONa$$

Ce composé est plus stable et moins facilement hydrolysable que l'antimoniolactate correspondant.

II. *Émétique dérivé de l'acide malique* $COOH-CH^2-CHOH-COOH$. — La fixation de l'acide antimonieux par l'acide malique a déjà été signalée par Pasteur [1], puis par Henderson et ses élèves [2], qui ont isolé un émétique potassique et un émétique ammoniacal. Afin de tenir compte des deux carboxyles de l'acide malique et d'obtenir des résultats comparables à ceux donnés par les acides lactique et mandélique monoacides, nous avons utilisé une solution binormale, et non normale, d'acide malique que nous avons additionnée de quantités croissantes de soude binormale, et sur laquelle nous avons fait réagir l'acide antimonieux. Les résultats obtenus ont été réunis dans le tableau suivant :

---

(1) *Ann. Chim. et Phys.*, 31, 1851, p. 87.
(2) *J. Chem. Soc.*, **67**, 1895, p. 102; **69**, 1896, p. 1452.

Acidité libre (en pour 100)	1,5.	20.	41.	66.	80.	8,85.	100.
I n/10 employé pour 5^{cm^3} de solution (en centimètres cubes)	1,2	8	10,5	11,9	10,8	8,5	3,1

L'acide malique employé étant de l'acide gauche, nous avons pu également suivre la fixation et confirmer les résultats précédents au moyen du polarimètre. La courbe de fixation présente un *maximun très net pour un mélange de deux molécules d'acide malique et de une molécule de malate neutre de sodium ou de une molécule d'acide malique et de deux molécules de malate acide*, et non plus pour un mélange équimoléculaire, ce qui ne peut s'expliquer qu'en admettant que sur les deux carboxyles un seul entre en réaction, vraisemblablement le plus voisin de la fonction alcool.

Nous avons pu isoler l'antimonomalate de sodium à l'état cristallin, et le purifier par cristallisations répétées dans l'eau.

Il se présente sous la forme de prismes incolores très solubles dans l'eau, mais non dans les dissolvants organiques, doués du pouvoir rotatoire $\alpha_D = +83^\circ,4$; ses solutions aqueuses ont une réaction acide et sont stables à froid, l'hydrolyse ne se produit qu'à chaud; l'hydrogène sulfuré en précipite du sulfure d'antimoine et les alcalis y mettent l'acide antimonieux en liberté.

Sa composition, déduite des dosages d'antimoine, de sodium et d'acidité, est assez complexe; elle correspond à la formule :

(2) $COOH - CHO - CH^2 - COONa \quad COOH - CHO - CH^2.COONa$
  [bridge: CHO … Sb(OH) … CHO]
$+$ $COOH - CHO - CH^2 - COOH \quad COOH - CHO - CH^2 - COOH + SH^2O$
  [bridge: CHO … Sb(OH) … CHO]

analogue à celle indiquée par Henderson (*loc. cit.*) pour les antimonomalates de potassium et d'ammonium.

L'alourdissement de la molécule d'acide alcool par introduction, soit d'un radical aromatique, soit d'un autre carboxyle, a donc pour conséquence d'augmenter la stabilité de l'émétique correspondant.

L'introduction d'un radical aromatique, sans influence sur la fixation de SbO^2H, *ne change pas la position du maximum de fixation; au contraire l'addition d'un deuxième carboxyle entraîne son décalage du côté de l'acidité maxima.*

CHIMIE. — *Sur des constituants antioxydants ou antioxygènes de l'essence de cracking.* Note de MM. **E. Vellinger** et **G. Radulesco**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

On sait, depuis les travaux de divers auteurs et plus spécialement de Lumière et Seyewetz, de Moureu et Dufraisse, que l'oxydation spontanée de certaines substances est empêchée par des catalyseurs négatifs dits antioxydants ou antioxygènes. C'est en se basant sur ces travaux que l'on a pu étudier un grand nombre de substances s'opposant à l'oxydation spontanée de l'essence de cracking, essence particulièrement sensible à l'action de l'oxygène de l'air. L'oxydation de ses constituants altérables donne naissance à la gomme qui risque de déterminer un encrassage du moteur.

Dans une étude sur le raffinage de l'essence de cracking, nous avons été plus particulièrement frappés par la grande résistance à l'oxydation de l'essence brute comparée à celle de l'essence raffinée. Nous avons expliqué ce comportement paradoxal en supposant que l'essence brute contient des produits antioxydants éliminés par le raffinage. De nombreuses expériences ont confirmé cette manière de voir. En effet, si l'on ajoute à un échantillon d'essence raffinée par la méthode usuelle à l'acide sulfurique un faible pourcentage (3-5 pour 100) d'essence brute, on constate que l'oxydabilité déterminée avec notre technique photochimique [1] se trouve considérablement diminuée.

Des résultats meilleurs encore sont obtenus lorsqu'on ajoute à l'essence raffinée certaines fractions de l'essence brute passant entre les limites de température précises. Les subtances antioxydantes se trouvent dans les fractions passant à des températures supérieures à 140°. L'intensité de l'action antioxydante croît avec la température de distillation de la fraction (voir figure). Il est bien évident que cette action croît également avec le pourcentage de la fraction active ajoutée. Mais on est limité par la quantité que l'on peut extraire de l'essence brute. La courbe E donne la période d'induction en fonction du volume de la fraction active ajoutée.

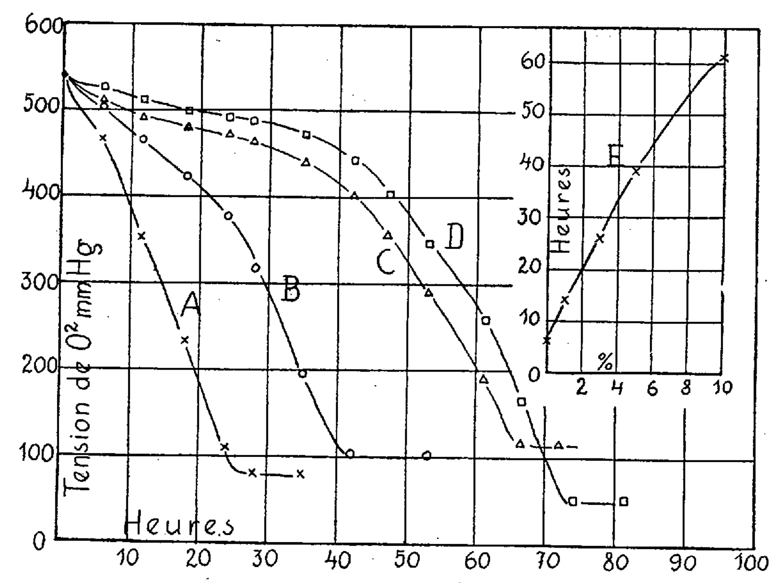
Pour des fractions passant à plus basses températures on observe, au contraire, une accélération de l'oxydation.

Nous avons été ainsi conduits à utiliser les fractions lourdes de l'essence

---

(1) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1495; *World Petroleum Congress*, Londres, 1933.

brute comme inhibiteurs en opérant de la manière suivante : on raffine l'essence passant jusqu'à 170° et on ajoute la fraction brute passant entre 170 et 180°. L'essence obtenue aura sensiblement les caractéristiques de l'essence tourisme ordinaire. Cette façon d'opérer dispense de traiter environ 10 pour 100 du produit. Il en résulte donc une économie sérieuse outre



Action antioxydante de diverses fractions d'essence de cracking brute : A, essence raffinée; B, essence A additionnée de 3 pour 100 de la fraction brute passant entre 142 et 154°; C, *idem* pour la fraction 154-168°; D, *idem* pour la fraction 168-173°; E, période d'induction en fonction du volume de la fraction active ajoutée.

la stabilisation obtenue. Il est important de remarquer que le « Doctor Test » reste négatif, tout au moins en ce qui concerne les essences étudiées par nous. L'inhibiteur utilisé comme il vient d'être dit n'a pas une activité aussi grande que les produits synthétiques préconisés par un grand nombre d'auteurs. Cependant elle est assez grande pour présenter une application industrielle intéressante étant donné la diminution considérable du prix de revient.

Les indications qui précèdent n'ont pas une valeur absolue. Il convient de faire pour chaque mode de cracking et pour chaque matière première utilisée une étude spéciale permettant de définir les conditions optima.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Constantes cristallographiques des hydrates des phénylméthyléthylbétaïnes et des phénylméthylpropylbétaïnes.* Note ([1]) de Mme **Guaisnet-Pilaud**, présentée par M. C. Matignon.

Les hydrates de bétaïnes, décrits précédemment ([2]), ont été étudiés au point de vue cristallographique dans le but de faciliter l'observation du passage d'une forme à l'autre. Cette étude a été faite suivant les conseils de M. C. Gaudefroy; pour les déterminations des propriétés optiques, les cristaux ont été directement examinés, sans être chauffés, c'est-à-dire de façon à éviter toute isomérisation.

Phénylméthyléthylbétaïne monohydratée (I). — Elle se présente sous la forme d'aiguilles très biréfringentes, groupées en houppes, fondant à 175°,5. Extinction droite; allongement négatif; biaxe positif. Indices :

$$n_m = 1,585 \pm 0,003; \qquad n_p = 1,549 \pm 0,003.$$

$$C^6H^5N(CH^3)(C^2H^5)—CH^2—CO—O \cdot H^2O \quad \text{(I)}.$$

$$C^6H^5N(CH^3)(C^2H^5)—CH^2—CO—O \cdot 2H^2O \quad \text{(II)}.$$

Phénylméthyléthylbétaïne dihydratée (II). — Elle cristallise en tables à contour losangique, fondant à 79°,5, se resolidifiant presque immédiatement pour fondre à nouveau vers 100° avant de se décomposer à 145-150°. Système monoclinique, tables p allongées dans le plan de symétrie.

	$m:m$.	$p:m$.	$e^1:e^1$.	$p:e^1$.
Angles mesurés......	75°40′ ± 10′	97°32′ ± 10′	99°25′ ± 10′	130°17′ ± 15

Ces tables présentent *deux clivages*, l'un parallèle au plan du losange, l'autre transversal sur le plan du losange (100°20′ ± 15′), parallèle à l'axe binaire.

Le plan des axes est dans le plan de symétrie; quasi-uniaxe positif; dispersion optique notable ($\rho > v$). Indices : $n_m < 1,585$; $n_p = 1,549 \pm 0,003$.

Phénylméthylpropylbétaïne monohydratée (III). — Elle se présente sous la forme de très petites tables allongées, fondant à 172°; les essais de cristal-

---

([1]) Séance du 24 juillet 1933.

([2]) *Comptes rendus*, **195**, 1932, p. 1286; **197**, 1933, p. 156.

lisation faits jusqu'à présent ne permettent pas d'effectuer des mesures goniométriques.

Biaxe positif; extinction droite; le plan des axes est perpendiculaire à l'allongement; la première bissectrice est perpendiculaire au plan d'aplatissement des tables. On peut donc penser que les cristaux appartiennent au système orthorhombique. Indices :

$$n_m = 1{,}595 \pm 0{,}003; \qquad n_p = 1{,}555 \pm 0{,}003.$$

$C^6H^5N(CH^3)(C^3H^7).H^2O$ — O<>CH² / CO (III).

$C^6H^5N(CH^3)(C^3H^7).2H^2O$ — O<>CH² / CO (IV).

Phénylméthylpropylbétaïne dihydratée (IV). — Elle se présente sous la forme de petits prismes satinés (alcool absolu) ou transparents (acétate de méthyle) lorsqu'on l'obtient à partir de l'iodure cristallisé ([1]); le fractionnement des hydrates préparés à partir de l'iodure gel fournit des prismes à contour mal défini.

Cristaux quasi-uniaxes positifs. Indices :

$$n_m < 1{,}595; \qquad n_p < 1{,}555 \pm 0{,}003.$$

GÉOLOGIE. — *Sur la présence du Trias au Cambodge.* Note de M. J. **Gubler**.

Les différentes séries sédimentaires, toutes détritiques, de l'ossature du Cambodge se sont longtemps refusées à une classification raisonnée. C'est qu'en effet, en l'absence de tout fossile, les grès triasiques se confondent d'abord avec un terrain plus ancien également gréseux. Des itinéraires plus ou moins espacés n'ayant appporté aucune solution, ce ne sont que des levés détaillés dans la région de Pailin qui m'ont permis de séparer les grès du Trias de ceux d'avant le Permien.

Le Trias est représenté au Cambodge occidental par d'importants conglomérats, des brèches, des microbrèches des grès grossiers et des tufs rhyolitiques, le tout alternant fréquemment avec des marnes.

C'est l'étude détaillée des éléments contenus dans les conglomérats qui

---

([1]) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 157.

m'a permis de préciser la limite inférieure de ces dépôts. On y trouve en effet, remaniés, des galets de calcaires permiens contenant de temps à autre de Fusulinides. En outre, j'y ai recueilli de nombreux fragments de phtanites, de grès anciens, de granites écrasés, de gneiss, de gabbros, de dolérites, d'andésites empruntés au sous-sol. La limite inférieure de ce terrain est donc fixée par la présence de galets permiens bien datés. En l'absence de tout fossile, la limite supérieure n'en pourrait être établie avec certitude. Toutefois, le complexe tout entier étant plissé et recouvert par les grès horizontaux secondaires, on peut affirmer que ces couches se sont déposées avant les plissements majeurs. En suivant les auteurs qui ont travaillé dans le nord de l'Indochine plus fossilifère, notamment MM. Jacob et Fromaget, nous pouvons admettre que ces mouvements ont eu lieu au sommet du Trias. C'est donc avant le Norien que se sont accumulés ces dépôts.

Au nord-ouest du Cambodge, les brèches, microbrèches et grès du Trias forment un massif étendu qui culmine dans le phnom Tadeth, au sud de Pailin. Ces roches ont déjà été observées à Pailin par le commandant Dussault [1] et décrites d'après les déterminations de M. Bourret comme tufs rhyolitiques. C'est qu'en effet au sein de cet ensemble détritique il est très fréquent de trouver de véritables cinérites cimentées *in situ* et provenant vraisemblablement de coulées ou de projections rhyolitiques sous-marines. L'étude détaillée de ces sédiments montre le passage de roches bréchoïdes franchement détritiques à de véritables tufs rhyolitiques par disparition des éléments clastiques des premiers et apport des minéraux frais, non remaniés des rhyolites postpermiennes que nous avons signalé dans une précédente Note. Entre Pailin et Mopla, au Siam, ces tufs sont particulièrement abondants.

Le Trias affleure, en outre, au sud de Kompong Speu, au centre du Cambodge occidental, formant le massif du Chang Hor qui, de Trapeang Kaleng, à l'Est, s'étend jusqu'au phnom Chisor, à l'Ouest. Je signalerai de plus des conglomérats triasiques dans le Sud (province de Kampot entre Kosla et Cheng Menh) et en plusieurs points au nord-ouest de Kompong Speu. Enfin dans la région de Kompong Chnang, le Trias est connu en plusieurs buttes, le long de la voie du chemin de fer, il existe également à l'ouest de Pursat.

---

(1) *Bull. Serv. Géol. Indochine*, 15, fasc. 3, 1926, p. 11.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Les fluctuations du champ électrique terrestre.* Note [1] de MM. **A. Dupérier** et **G. Collado**, transmise par M. Ch. Maurain.

1. Les fluctuations que présente le champ électrique terrestre par rapport à la courbe qui représente sa variation journalière sont ordinairement considérées comme des fluctuations locales irrégulières obéissant à des causes diverses et arbitraires, mais sans connexion avec un phénomène plus général.

Cette question, généralement laissée de côté, a été l'objet d'une étude minutieuse des auteurs.

Dans ce but, l'un de nous a utilisé premièrement l'enregistrement du champ que l'on fait à la station géophysique du Val-Joyeux, en déterminant simultanément le potentiel électrique en des points différents à l'aide d'un dispositif transportable. Celui-ci consistait essentiellement en un support en bois le long duquel on pouvait glisser une baguette d'ébonite et au bout de celle-ci on avait fixé et isolé à l'ambre une prise de potentiel à l'ionium. L'ambre était protégé de la poussière et de l'humidité par un manchon en ébonite qui contenait quelques morceaux de sodium.

Pour les mesures on a employé un électromètre à fil de Wulf, et les lectures ont été faites simultanément avec les pointages marqués chaque minute sur l'enregistreur.

Dans un rayon d'action de 300^{m} et à multiples reprises on a trouvé un parallélisme frappant entre les deux courbes obtenues de la sorte. Ce parallélisme semble tout à fait indépendant de l'état du ciel (en absence de Cu-Nb) et, ce qui est encore plus intéressant, de la direction du vent, même si une prise est protégée contre le vent alors que l'autre lui est exposée. Cependant son influence s'exerce, naturellement, lorsque le vent entraîne de la fumée des locomotives qui passent parfois dans le voisinage ou bien de la poussière levée au passage des voitures et des animaux. Alors les courbes sont différentes, mais en quelques points seulement qui sont d'ailleurs bien définis.

2. Il y avait intérêt d'étendre à de plus grandes distances ces observations. C'est pourquoi nous avons poursuivi cette étude à Madrid un peu

---

[1] Séance du 24 juillet 1933.

plus tard; mais l'enregistrement y manquant nous avons employé deux dispositifs transportables tout pareils à celui de Paris.

Les résultats ont été encourageants. Nous avons répété les observations dans des endroits différents en étendant la distance entre les collecteurs jusqu'à 1500^{m} aux limites du terrain herbé de l'aérodrome de Barajas, à 15^{km} de la ville. Le parallélisme est toujours frappant même lorsque les deux prises sont placées dans la direction du vent. Et cette simultanéité est à tel point qu'il faut bien se préoccuper de faire les lectures exactement au même instant. Alors les petites variations de 1 ou 2 volts sont accusées dans le même sens.

Nous n'avons pas poussé plus loin la distance parce que la topographie du terrain ne le permettait pas.

Pourtant, ces résultats sont suffisants, à notre avis, pour qu'il ne soit plus possible de considérer les fluctuations incessantes du champ comme provoquées seulement par des perturbations locales irrégulières. Pour la plupart de celles-là, il faudrait plutôt songer à un phénomène d'une plus grande ampleur. On y pourrait peut-être voir une autre manifestation de la variation universelle du champ terrestre.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Floridoside, tréhalose et glycogène chez les Algues rouges d'eau douce* (Lemanea, Sacheria). Note de MM. **H. Colin** et **J. Augier**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Le floridoside, principe sucré des Floridées marines, a été dernièrement caractérisé par nous dans *Lemanea nodosa* et *Sacheria fucina*, deux Floridées d'eau douce.

Nous avons retiré, en outre, de ces algues le tréhalose à l'état cristallisé (¹). Très rare chez les plantes autotrophes, ce sucre est fréquent chez les Champignons, généralement accompagné de glycogène.

Précisément, la présence de glycogène dans les *Lemanea* a été certifiée autrefois par Leo Errera (²). G. Mangenot (³) s'est rallié à cette manière de voir et considère comme glycogène les fines granulations, colorables par l'iode en brun ou en violacé, que l'on aperçoit chez les Lémanéacées, dans les cellules du thalle et surtout dans les spores.

(¹) *Comptes rendus*, **195**, 1932, p. 1042.

(²) *L'épiplasme des Ascomycètes et le glycogène des végétaux*, *Thèse*, Bruxelles, 1882; voir *Recueil de l'Institut Botanique*, **1**, 1906, p. 30.

(³) *Arch. Morph. gén. et exp.*, **9**, 1922, p. 151.

Ces granulations sont indéniables; nous avons suivi leur accumulation dans les appareils fructifères de *Sacheria fucina*, d'avril à mai. Mais il est superflu désormais d'ajouter que leur nature glycogénique n'est pas prouvée par la coloration qu'elles prennent sous l'action de l'eau iodée. Errera lui-même en avait l'impression, d'où ses efforts pour caractériser le glycogène par voie chimique. De l'extrait de *Lemanea* à l'eau bouillante, neutre ou légèrement alcaline, il obtenait, par affusion d'alcool, un précipité qui, lavé et redissous, donnait une liqueur opalescente, se colorant en brun ou en violacé par l'iode, non réductrice, mais le devenant par traitement aux acides dilués.

Tous les extraits aqueux de Floridées en sont là plus ou moins; la présence du glycogène n'en est pas démontrée pour autant. On solubilise ainsi, dans le cas des *Lemanea*, des mélanges généralement lévogyres de matières gommeuses dont les produits de saccharification, comme ceux de la gélose, ont un pouvoir rotatoire faiblement positif. Si l'on traite par l'acide sulfurique étendu, à 100°, l'algue préalablement dessucrée par l'alcool, on obtient, au bout de cinq minutes, une liqueur légèrement opalescente, lévogyre, colorable en violet par l'iode, et se prenant en gelée par refroidissement; chauffée plus longtemps, elle perd bientôt la faculté de se colorer par l'eau iodée, devient réductrice et dextrogyre ($[\alpha]_D = +20°$).

Aucun de ces traitements ne permet donc de conclure d'une façon certaine à la présence d'une matière glycogénique dans le thalle des *Lemanea*. Le suivant est autrement efficace.

Les algues (*Lemanea nodosa*), dessucrées par l'alcool, sont traitées à chaud par l'eau pure, puis par l'eau alcaline ($NaOH$ à 1 pour 100), pour enlever le plus possible de matière gommeuse; après quoi, on les dessèche et on les triture avec du sable, pour les épuiser ensuite, à 100°, par la potasse à 5 pour 100, durant trois quarts d'heure. Le liquide est décanté après refroidissement et additionné d'alcool fort : il se fait un précipité assez abondant qui, lavé à l'alcool, desséché et remis en solution dans l'eau chaude, donne une liqueur opalescente, très dextrogyre ($[\alpha]_D = +105°$), colorable en violet intense par l'iode.

Cette liqueur, additionnée d'amylase (pancréatine Choay, et non pas amylase du malt, qui pourrait s'attaquer à certaines gommes) cesse, après quelques minutes, même à la température ordinaire, de se colorer par l'iode; elle devient réductrice, en même temps que la rotation diminue. Le milieu néanmoins reste opalescent, visqueux : il renferme une matière gommeuse riche en azote, lévogyre, qui flocule par addition d'alcool. Après distillation de l'alcool, on complète l'hydrolyse par l'acide sulfurique dilué ; le pouvoir

rotatoire s'abaisse alors de + 150 à + 52. La liqueur, neutralisée et concentrée, a donné, du jour au lendemain, une abondante cristallisation de *glucose*.

Nous avons répété ces opérations avec plus de succès encore sur les spores (60g) de *Lemanea*, séparées du thalle par trituration de ce dernier et centrifugation de la suspension aqueuse.

Les Floridées d'eau douce, telles que *Lemanea*, *Sacheria*, renferment donc bien, outre le floridoside et le tréhalose, une substance glycogénique, au sens étymologique du terme ; il ne s'agit vraisemblablement de rien d'autre que de l'amidon « floridéen », dont la nature a fait l'objet de tant de discussions.

CULTURE DES TISSUS. — *Évolution des cultures prolongées de la paroi de la vésicule ombilicale, chez l'embryon du Poulet.* Note de M. **J.-André Thomas**, présentée par M. Bouvier.

G. Levi [1a] a décrit les cellules émigrées, *in vitro*, du blastoderme de l'embryon du Poulet et leur disposition en membrane puis en réseau. Z. Grodzinski [2] a explanté des fragments de la vésicule ombilicale du Poulet, donnant surtout une étude détaillée du comportement des cellules, de leurs propriétés phagocytaires et de leurs vacuoles. Je me suis efforcé, ensuite, d'obtenir la culture prolongée de la paroi de ce même organe pour étudier la physiologie de celle-ci *in vitro* ainsi que l'évolution des deux catégories de cellules qui la composent, en dehors du sinus terminal : les cellules ectodermiques et entodermo-vitellines. J'ai décrit antérieurement l'évolution des premiers stades épithéliaux de ces souches [3a], je voudrais résumer maintenant leur transformation suivie pendant plusieurs mois.

Lorsque la digestion *in vitro* des grosses enclaves vitellines est déjà avancée et que ces dernières sont réduites à l'état d'enclaves plus petites et de graisses, il y a rupture du bord épithélial, rétraction des larges lames exoplasmiques et émigration des cellules dans le milieu de culture. La perte de contact entre certaines cellules épithéliales, leur émigration, leur changement de forme ont été vus par plusieurs auteurs. G. Lévi [1b] a insisté sur cette question. Toutefois, la transformation en réseau de

---

(1) Guiseppe Lévi, (a) *C. R. Assoc. Anatom.*, 1924, 19e réunion, p. 204-217; (b) *Arch. f. experim. Zellforsch.*, 1, 1925, p. 1-57.

(2) Contribution to Embryology. *Publ. Carnegie Inst. Wash.*, 132, 1930, p. 155-172.

(3) J.-André Thomas, (a) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 812-814; (b) *C. R. Soc. Biol.*, 112, 1933, p. 1206-1207; (c) *C. R. Assoc. Anatom.*, 1933, 28e réunion (à paraître).

l'épithélium n'est pas seulement un phénomène de dégénérescence, comme l'a cru Z. Grodzinski [1]; c'est aussi, quand on arrive à repiquer et entretenir les cultures considérées ici, l'amorce d'une évolution nouvelle, durable, de la morphologie et du mode de croissance des cellules, spécialement de celles issues du syncytium entodermo-vitellin.

Cette évolution peut débuter plus au moins rapidement en goutte pendante. Par exemple, parfois dès le troisième passage, on voit se détacher de l'épithélium initial, isolément ou sous forme de cordons, quelques cellules entodermo-vitellines de plus de 100 μ de long, très riches en petites inclusions vitello-graisseuses. Elles tendent à être étirées dans le sens de leur progression. Elles ont de longs prolongements cytoplasmiques. Au passage suivant, la zone d'invasion est beaucoup plus importante; elle est formée de cordons anastomosés des mêmes cellules qui diminuent de taille en se multipliant activement. Au cinquième passage l'aspect est déjà tout à fait plexiforme. A partir du sixième passage enfin, la culture a le type général d'une culture de fibroblastes. Quelques cellules, çà et là, contiennent encore quelques petits grains de vitellus qui seront bientôt complètement digérés. Cette transformation est beaucoup plus facile à suivre en flacons *Carrel*. On peut obtenir dans certaines conditions [2] de très belles cultures épithéliales, remarquablement grandes, qui en six jours par exemple peuvent atteindre plus de 200^{mm^2} de surface. Lorsque la croissance est arrêtée, on se rend compte que les cultures ne contiennent pas un seul fibroblaste. Dans les jours suivants, on peut observer, en présence de jus embryonnaire, chaque stade de la transformation fibroblastique qui se manifeste à la périphérie de l'épithélium et sous lui, toujours dans la profondeur du coagulum.

J'ai isolé ainsi, à partir de vésicules ombilicales âgées de 53 heures à 6 jours, de nombreuses souches. J'ai pu entretenir la souche de 53 heures pendant 5 mois et demi. Dans de telles cultures les cellules entodermo-vitellines, épithéliales, normalement éphémères, sont devenues des fibroblastes, dont la multiplication *in vitro* est théoriquement indéfinie. Toutefois ces cellules conservent des caractères propres : le noyau qui s'est allongé a gardé sa configuration cytologique ainsi que le chondriome et le vacuome [2]. De même, à la périphérie des cultures ces cellules peuvent encore s'étaler largement, se disposer en très longs cordons minces ou s'isoler et émigrer parfois très loin. Mais leur croissance est celle des fibroblastes ; elles ne se multiplient activement qu'en présence de jus embryon-

---

(1) *Loc. cit.*

(2) *Loc. cit.* (voir notes (3^b) et (3^c) de la page 425).

naire, alors qu'au stade épithélial leur énergie de croissance à partir des protéines du sérum est tout d'abord très forte.

Dans les mêmes cultures il existe en outre des cellules assez peu nombreuses, généralement petites, arrondies, aréolaires, très chromophiles, pouvant émettre de courts lobopodes. S'agit-il d'une forme de souffrance ou au contraire des cellules ectodermiques de l'épithélium initial qui garderaient ainsi un type épithélial et ne se transformeraient pas en fibroblastes?

Pour résoudre ce problème, j'ai cherché alors à obtenir la culture séparée des deux feuillets embryonnaires. On peut arriver en raclant très délicatement la couche entodermo-vitelline de la vésicule ombicale, à détacher de petits lambeaux dépourvus d'ectoderme que l'on réunit et ensemence. On obtient de la sorte des cultures uniquement entodermiques[1]. Des recherches en cours semblent montrer qu'on peut obtenir de même la culture pure de l'ectoderme, ce qui permettra peut-être de préciser son évolution.

CYTOLOGIE. — *Étude par microincinération de la répartition des matières minérales fixes dans les spermatozoïdes de Mammifères.* Note [2] de M. **A. Policard**, transmise par M. F. Mesnil.

L'application aux spermatozoïdes de Mammifères (Homme, Rat) de la méthode de la micro-incinération permet de se rendre compte de la répartition des matières minérales fixes dans les éléments séminaux.

I. *Anthracogrammes.* — Avec un chauffage modéré, on obtient des préparations dans lesquelles certaines parties de l'élément, complètement réduites en cendres, sont invisibles dans l'examen en lumière transmise, tandis que d'autres parties, demeurées charbonneuses, apparaissent colorées en brun foncé dans les mêmes conditions d'examen. Les anthracogrammes obtenus sont d'une régularité remarquable. La partie antérieure de la tête du spermatozoïde, la pièce intermédiaire et le flagelle sont réduits en cendres avec rapidité. Au contraire, la partie postérieure de la tête et le collet demeurent longtemps charbonneux. Ces résultats sont superposables à ceux que révèlent les colorations cytologiques : en avant, une vacuole donne à la tête un aspect clair; en arrière, la substance de la tête est plus foncée; l'ensemble a la forme d'un gobelet.

Il n'est pas encore possible de définir avec certitude les raisons chimiques

---

(1) C'est à de telles cultures qu'il faut réserver le terme de *cultures pures du syncytium vitellin ombilical.*

(2) Séance du 24 juillet 1933.

pour lesquelles la substance du segment postérieur de la tête donne des substances goudronneuses si longues à détruire. La confrontation de ces faits avec les résultats histochimiques obtenus par Popa et Marza (¹) ne permet pas de conclusions précises. On doit se contenter de noter le caractère chimique hétérogène de la tête du spermatozoïde.

II. *Disposition des cendres* (*spodogramme*). — En poussant le chauffage, on arrive à incinérer complètement les spermatozoïdes. Les cendres étudiées à l'éclairage à fond noir (condensateur cardioïde), à de très forts grossissements, montrent la disposition suivante :

La partie antérieure de la tête est extrêmement pauvre en matières minérales fixes; ses limites sont souvent invisibles, ou marquées par une ligne grêle, à peine perceptible, de granulations très fines de cendres blanches. La partie postérieure renferme au contraire des cendres blanches assez abondantes, apparaissant sous forme de grains semblant surtout placés à la périphérie. La partie centrale, intérieure, de la tête paraît plus pauvre en matières minérales fixes que la région périphérique. La région du collet semble spécialement riche en cendres; le plus souvent, il y a, à ce niveau, un ou deux granules de cendres particulièrement nets. La pièce intermédiaire et le flagelle sont très pauvres en matières minérales fixes. Toutes ces cendres sont constamment blanches; jamais elles ne montrent une teinte rougeâtre, indice sûr de la présence du fer.

Ces résultats sont intéressants à rapprocher de ceux obtenus par Marcus (²) par l'emploi de la microphotographie en lumière ultraviolette; eux aussi conduisent à envisager, dans la partie antérieure de la tête et dans son centre, une substance spéciale très réfringente.

Les spermatozoïdes du Rat blanc diffèrent quelque peu de ceux de l'Homme. Avec les méthodes cytologiques habituelles, la tête du spermatozoïde, avec sa forme en crochet caractéristique, apparaît de constitution homogène. Par microincinération, au contraire, elle se révèle hétérogène. La partie antérieure, celle qui constitue la pointe du crochet, montre des cendres très fines, peu abondantes, offrant une teinte jaunâtre, révélatrice de la présence de fer à ce niveau. La partie postérieure, base du crochet, donne des cendres beaucoup plus abondantes, très blanches, sans trace d'oxyde de fer, très brillantes à l'examen sur fond noir. La pièce intermé-

(¹) *Bull. d'Histologie appliquée*, 8, 1931, 85; G. T. Popa et V. D. Marza, *Arch. roumaines de Pathologie expérimentale et de Microbiologie*, 4, 1931, p. 301.
(²) *Arch. f. Zellforsch.*, 15, 1921, 445.

diaire et le flagelle ne montrent que des traces extrêmement réduites de cendres.

Dans l'ensemble, les spermatozoïdes de Rat fournissent beaucoup plus de matières minérales fixes que ceux de l'Homme. Mais, dans les deux espèces, ou peut toujours retrouver au niveau de la tête la présence d'une partie antérieure pauvre en matières minérales et d'une partie postérieure en renfermant beaucoup plus.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur le noyau phosphoré de l'ichtuline de brochet.* Note [1] de MM. **Swigel et Théodore Posternak**, présentée par M. A. Desgrez.

Poursuivant nos recherches sur les phosphoprotéides, et en appliquant les mêmes méthodes que pour la préparation des ovotyrines du jaune d'œuf de poule [2], nous avons obtenu des polypeptides phosphorés contenant jusqu'à 12,6 pour 100 P, à partir d'une vitelline d'œufs de poisson (ichtuline) ; nous les désignerons sous le nom d'*ichtiotyrines*.

Préparation. — Des œufs de brochet récoltés en mars et en avril laissent après extraction à l'alcool bouillant un résidu insoluble (35 pour 100 du poids des œufs frais) qui représente l'ichtuline brute ; il contient anhydre 1 pour 100 P et 14,8 pour 100 N. 1^{kg} de ce produit finement pulvérisé est suspendu dans 50^{l} d'acide chlorhydrique à 0,2 pour 100 ; on le traite par la pepsine à 40°. Après 24 heures de digestion il se dépose un précipité analogue à l'hématogène de Bunge [3]. Il est essoré et dissous dans 10^{l} d'eau alcalinisée par 45^{g} de carbonate et 10^{g} de bicarbonate de soude ; après addition de 100^{g} de bouillie de pancréas bovin, on laisse 48 heures à l'étuve à 40°. Le digestat acidulé à l'acide acétique et filtré est additionné d'acétate de plomb. Il se forme un précipité qui contient près de 60 pour 100 du P de l'ichtuline mise en œuvre ; il est essoré, puis agité à froid avec un léger excès de carbonate de soude à 20 pour 100. Les sels de plomb des peptones phosphorées sont ainsi transformés en sels de soude solubles qui, après filtrage du carbonate de plomb, se laissent fractionner par addition graduelle d'alcool ; en effet, les sels les plus riches en P sont les moins solubles dans l'alcool dilué et se déposent les premiers sous forme d'huiles épaisses. Le produit à teneur en P la plus élevée que nous ayons obtenue possède comme acide libre, après dessiccation dans le vide à 110°, la composition suivante :

C 29,14 pour 100 ; H 4,92 ; N 9,19 ; P 12,63.
N aminé (van Slyke) 2,52 pour 100 de N total.

(1) Séance du 24 juillet 1933.
(2) *Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 909.
(3) *Zeits. f. physiol. Chem.* **9**, 2885, p. 49.

Les propriétés des ichtiotyrines de brochet rappellent beaucoup celles des ovotyrines : faible solubilité dans l'eau, insolubilité dans les dissolvants organiques neutres; grande solubilité des sels alcalins, insolubilité des sels alcalino-terreux et de métaux lourds; réactions du biuret et de Molisch positives; réactions de Millon et xanthoprotéique négatives.

Après 24 heures d'ébullition avec l'acide sulfurique à 35 pour 100, la répartition de l'azote dans l'hydrolysat, d'une ichtiotyrine contenant 12,33 pour 100 P et 9,40 pour 100 N, était la suivante (en pour 100 de N total) : N humique 3,4; N ammoniacal 19,7; N diaminé 20,1.

Dans un essai quantitatif nous avons isolé à partir de 100^g d'ichtiotyrine les produits d'hydrolyse suivants : 39^g,2 d'acide phosphorique; 2^{g}3 d'ammoniaque; 6^g,4 d'acide pyruvique; 4^g,6 d'arginine; 26^g,1 de *l*-sérine.

L'ammoniaque et l'acide pyruvique résultent, comme chez les lacto- et ovotyrines, de la désamination de la sérine ; en effet leur quantité augmente régulièrement avec la durée de chauffe et la concentration de l'acide.

Les ichtiotyrines, à en juger par leur réaction de Molisch, contiennent des glucides, mais c'est aux hydroxyles des sérines qu'est certainement combiné l'acide phosphorique : en effet après hydrolyse ménagée (10^h d'ébullition avec l'acide sulfurique à 15 pour 100) nous avons obtenu, à partir de l'ichtiotyrine comme autrefois à partir de l'ovotyrine [1], des peptides phosphorées de rapport N/P variant de 1,05 à 1,3 (N aminé d'après Van Slyke jusqu'à 90 pour 100 de N total); après hydrolyse complète, ils ne fournirent que de l'acide phosphorique et de la sérine à côté d'ammoniaque et d'acide pyruvique. Les ichtiotyrines présentent d'autre part la réaction que nous considérons comme caractéristique pour les chaînes d'acides sérine-phosphoriques : formation d'acide pyruvique et d'ammoniaque par une très courte chauffe en milieu alcalin [2].

Chez tous les phosphoprotéides que nous avons étudiés, l'acide phosphorique se trouve combiné sous forme d'éther à la sérine; cette identité du mode de liaison du phosphore chez des protides d'origine aussi différente que la caséine du lait de vache, la vitelline du jaune d'œuf de poule, l'ichtuline des œufs de brochet, démontre toute l'importance de l'acide sérine-phosphorique dans le métabolisme des vertébrés.

---

(1) *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 615 et, plus de détails, TH. POSTERNAK, *Sur le mode de liaison du phosphore et du fer dans l'ovovitelline* (*Thèse* de Genève, 1928).

(2) *Comptes rendus*, 187, 1928, p. 313.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Étude comparée de la constitution chimique du muscle d'animaux normaux, morts d'inanition totale ou d'inanition protéique.* Note de Mme **Andrée Roche**, présentée par M. A. Desgrez.

Nous avons montré (1) que le jeûne azoté réalisait une condition particulièrement favorable à l'étude de variations possibles de la composition des protéines musculaires. Aussi avons-nous entrepris une analyse comparée du muscle chez des Rats morts d'inanition protéique, normaux, ou morts d'inanition totale. Une telle étude pouvait *a priori* permettre d'observer des modifications susceptibles d'apporter quelques précisions sur la nature ou sur l'existence même de réserves azotées dans le muscle.

Tous les dosages rapportés ici ont été effectués sur la poudre musculaire dégraissée, sans cendres et sans extractifs. Une telle poudre est constituée exclusivement par la protéine musculaire et les noyaux, ceux-ci ne représentant qu'une fraction minime du poids total (2 pour 100 au plus). Voici un tableau d'ensemble des résultats obtenus sur 25 préparations :

Taux des divers constituants de la protéine musculaire (en pour 100 du muscle sec).

	Rats normaux (9 animaux).	Rats morts d'inanition totale (6 animaux).	Rats morts d'inanition protéique (10 animaux).
N total	15,38 à 16,00	16,27 à 17,14	15,09 à 17,38
Moyenne	15,77	16,74	16,31
P nucléinique	0,118 à 0,138	0,091 à 0,124	0,128 à 0,188
Moyenne	0,128	0,112	0,152
$\frac{\text{P nucléinique}}{\text{N total}}$	809	667	918
N humide	0,175	0,178	0,175
N ammoniacal	1,55	1,49	1,38
N monoaminé	8,41	9,07	9,54
N diaminé	5,72	5,86	5,06
Tyrosine	2,92	3,01	2,59
Tryptophane	1,77	1,70	1,39
Cystine	3,31	3,52	3,62
Arginine	9,36	9,26	9,10
Histidine	3,36	3,45	3,39
Lysine	9,73	10,04	5,70

L'examen de ce tableau nous permet de faire les quelques observations qui vont suivre :

La teneur en azote total de la poudre musculaire est, en moyenne,

(1) A. Roche, *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 279.

de 15,77 pour 100 chez le Rat normal et de 16,74 pour 100 chez les animaux inanitiés; les écarts autour de la moyenne ne dépassent pas alors 2 pour 100. Chez les animaux morts d'inanition protéique, la teneur en azote de la poudre de muscle est en moyenne de 16,31 pour 100, mais ici les écarts entre les chiffres extrêmes sont considérables. Le phosphore nucléinique diminue au jeûne total et augmente à l'inanition protéique. Ceci étant, le rapport nucléoplasmatique, représenté par le quotient : P nucléinique/N total subit des variations parallèles à celles de P nucléique. Le rapport N monoaminé/N diaminé est identique chez le Rat normal ou mort d'inanition totale, il est fortement augmenté après inanition protéique.

Alors que l'histidine ne varie pratiquement pas, la tyrosine, le tryptophane et la lysine, dont le taux est à peu près identique chez le Rat normal ou inanitié, diminuent fortement au cours de l'inanition protéique. La teneur en arginine s'abaisse légèrement dans la même condition; enfin la cystine, dont le taux augmente au cours du jeûne, s'accroit aussi légèrement dans le muscle des sujets soumis à l'inanition protéique.

Les variations non systématiques de l'azote total observées ne sont pas favorables à l'hypothèse admettant l'existence d'une protéine de réserve, dont le départ, au cours de l'inanition protéique, déterminerait, contrairement à ce que l'on observe ici, une variation de la teneur en azote toujours de même sens, et d'autant plus marquée que la perte azotée serait plus grande. Ces faits ne peuvent s'expliquer que par une dislocation partielle de la protéine musculaire, déterminant le départ de chaînes polypeptidiques d'acides aminés plus ou moins riches en azote. La diminution marquée de la teneur en tryptophane, en tyrosine, en lysine, acides aminés indispensables à l'entretien, vient à l'appui de cette manière de voir. Nous avons ici une démonstration de la dépense en ces acides aminés pour la couverture du « service physiologique », dépense qui se fait aux dépens de protéine des tissus lorsque la ration alimentaire ne couvre pas ce besoin différencié en azote.

Par ailleurs, si de récents travaux ont montré que les protéines peuvent se polymériser ou se dépolymériser en molécules de poids divers, nos résultats indiquent que la composition même de ces molécules en acides aminés est susceptible de variations importantes.

La séance est levée à 15h40m.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 7 AOUT 1933.

PRÉSIDENCE DE M. ÉMILE ROUX.

MEMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie qu'à l'occasion des fêtes de l'Assomption, la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mercredi 16 août au lieu du lundi 14.

M. le **Secrétaire perpétuel** a le vif regret d'apprendre à l'Académie le décès prématuré de M. **Vincent Flipo**, l'un des bibliothécaires de l'Institut, dont tous nos Confrères ont pu apprécier l'excellence des services.

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Stabilité héréditaire des caractères acquis.* Note (¹) de M. **Charles Richet**.

M. J. Costantin (²) rappelant et confirmant les expériences de Schübeler a établi que les céréales cultivées à une altitude différente de l'altitude première, venaient à acquérir des caractères nouveaux, assez stables pour constituer des races nouvelles.

Cette stabilité héréditaire des caractères acquis, j'avais pu la démontrer en étudiant les effets, non de l'altitude, mais des actions toxiques sur le ferment lactique (*B. lactis Delbrückii*).

Étant donnée l'importance de ce grand fait de biologie générale, je me

---

(¹) Séance du 31 juillet 1933.

(²) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1847.

permets de rappeler mes expériences, confirmées par les travaux ultérieurs de mes élèves, E. Bachrach, Cardot et Laugier (*voir* surtout : E. Bachrach, *Variations biologiques d'un organisme monocellulaire. Accoutumance et anaphylaxie chez le bacille lactique*. Thèse de la Faculté des Sciences de Paris, 1924; et *Cours d'introduction à l'étude des phénomènes vitaux*, Imp. Patissier, Trévoux, 1933).

Nous avons vu en effet que, végétant dans un milieu arsénical (arséniate de K), le bacille lactique devient une race différente de la race originelle et que cette modification est stable. Pendant un an elle s'est maintenue, ce qui représente plus de cent mille générations successives.

Avec le KBr, avec le KCl, on a des résultats analogues (par ensemencement tous les deux jours).

Ces caractéristiques nouvelles sont si solidement établies (pour l'arséniate de K par exemple) que le bacille accoutumé à l'arsenic ne pourra presque plus se développer si on le met dans un milieu privé d'arsenic.

Ainsi l'accoutumance à un poison fait de la race accoutumée une vraie race nouvelle, différente de la race primitive, sinon par sa morphologie, au moins par ses fonctions physiologiques.

Nous pouvons inférer de ces faits que, selon toute vraisemblance, cette stabilité héréditaire des caractères acquis s'étend au delà du monde des bactéries et des plantes.

DYNAMIQUE DES FLUIDES. — *La similitude des barrages mobiles. Expériences de l'usine de la Gentille*. Note (1) de MM. **C. Camichel**, **L. Escande** et **E. Crausse**.

Dans nos recherches antérieures, nous avons étudié, à diverses reprises, la similitude des barrages déversoirs fonctionnant avec ou sans contractions latérales (2). Nous avons comparé, en particulier, une série de modèles reproduisant un même ouvrage, à différentes échelles, variant de 1/300e à 1/10e, entre modèles extrêmes; nous avons constaté que la loi de similitude de Reech-Froude s'applique, avec une approximation très grande, à la comparaison des débits qui s'écoulent sur les divers modèles,

(1) Séance du 31 juillet 1933.

(2) *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 99; **186**, 1928, p. 28; **187**, 1928, p. 756; **189**, 1929, p. 317; **194**, 1932, p. 807.

tant que l'échelle n'est pas trop réduite; nous avons également montré que les modèles très petits de barrages sans contractions latérales fournissent, pour une charge donnée, des valeurs du débit relativement trop faibles, par suite de l'importance plus grande de la couche limite au contact du parement. Au contraire, dans le cas où il existe des contractions latérales notables, celles-ci sont d'autant plus réduites que l'échelle est plus petite, de telle sorte que leur influence compense largement l'effet de la couche limite et rend relativement trop fort le débit des très petits modèles.

Dans ces recherches antérieures, toutefois, nous n'avions jamais eu l'occasion d'effectuer une comparaison directe entre un ouvrage hydraulique industriel et ses modèles réduits; de plus, nous n'avions pas étudié le cas des barrages noyés, dont le débit est sous la dépendance du niveau aval.

Nous avons pu compléter nos recherches, par l'étude de ces deux points, en effectuant simultanément des mesures sur la passe centrale du barrage à vanne mobile de la Gentille, établi à Saint-Gaudens sur la Garonne, par la Société des Forces Motrices du Comminges, et sur un modèle de cet ouvrage, à l'échelle 1/10e, installé dans le canal d'essais du laboratoire de Banlève.

Nous avons choisi cet ouvrage de la Gentille, en raison des conditions particulièrement favorables qu'il présente pour l'exécution des essais : en effet, dans les conditions de notre expérience, niveau amont à la côte 345,53, niveau aval à la côte 344,58, la côte du seuil étant 343,85, le débit qui s'écoule, et que nous avons mesuré en explorant une section droite avec des moulinets, est égal à 46,53 m^3/sec. Cette valeur du débit correspond au régime normal de la Garonne dans la période actuelle, en tenant compte des débits dérivés par l'usine. L'expérience peut donc être effectuée en dehors d'une période de crue, ce qui évite les inconvénients que peuvent présenter, pour les appareils de mesure, les corps flottants ou les blocs entraînés par l'eau, dans ces périodes. De plus, la différence de niveau entre l'amont et l'aval, est assez faible pour que les vitesses ne dépassent guère les limites atteintes dans les opérations de tarage des moulinets; enfin, l'existence d'un batardeau susceptible d'effectuer, par commande électrique, des translations suivant une horizontale ou une verticale, dans le plan d'une section droite, donne toute facilité pour l'exploration de celle-ci à l'aide des moulinets. Les figures 1 et 2 représentent la passe étudiée, sur le barrage réel et sur le modèle réduit, les photographies étant prises de l'extrémité amont de la pile constituant la rive gauche de cette

passe. On retrouve sur le modèle réduit toutes les grandes lignes caractérisant l'écoulement sur le barrage; contraction initiale, puis intumescence, enfin abaissement de la surface vers le niveau aval, une seule différence



Fig. 1. — Passe étudiée au barrage de la Gentille.

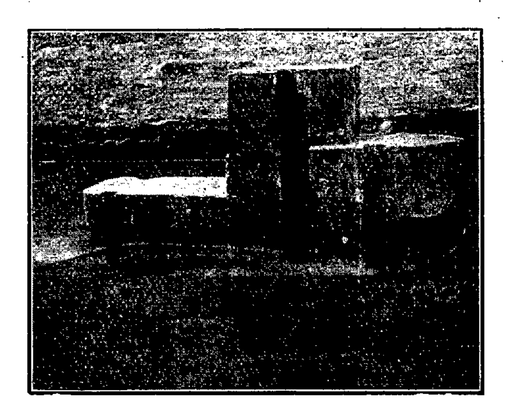


Fig. 2. — Passe étudiée sur le modèle réduit.

d'aspect se remarque immédiatement, c'est l'entraînement d'air créant dans l'ouvrage un déferlement superficiel qui n'existe pas dans le modèle; c'est

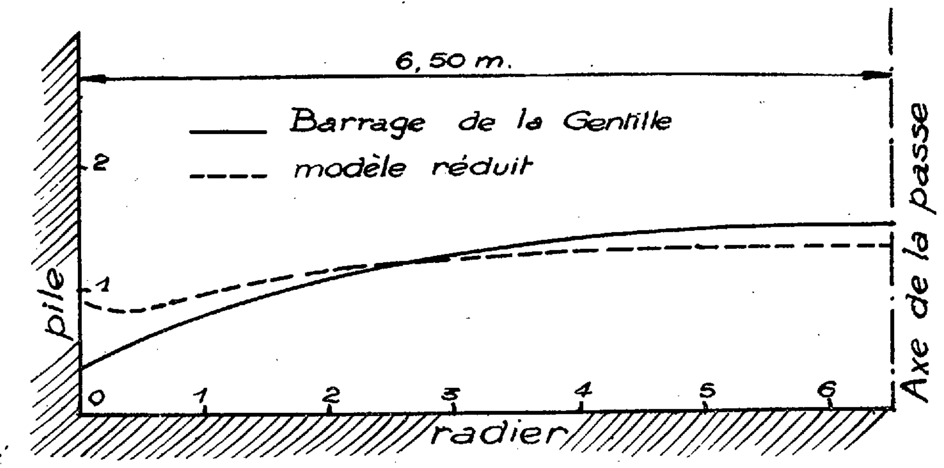


Fig. 3. — Profils en travers comparés dans le barrage et dans le modèle réduit.

d'ailleurs là un phénomène très général dans les études sur modèles réduits.

L'expérience de similitude a été réalisée de la manière suivante : nous avons fait passer, à travers le modèle réduit, le débit homologue de celui de 46,53 m³/sec, mesuré à la Gentille, soit 147,3 l/sec et nous avons réglé

le plan d'eau à l'aval du modèle, à une côte correspondant à une profondeur homologue de celle qui existait à l'aval du barrage réel; nous avons alors mesuré la côte du plan d'eau en amont du modèle et constaté que celle-ci correspondait à une hauteur au-dessus du seuil de $16^{cm},75$; le chiffre correspondant, résultant de la côte du plan d'eau en amont du barrage réel, ramené à l'échelle du modèle, est de $16^{cm},8$, d'après les côtes données ci-dessus pour le niveau amont et pour le seuil; la concordance est donc excellente et l'on voit que la similitude des débits, sous des charges homologues, est vérifiée d'une manière pratiquement exacte dans la comparaison du barrage et du modèle au $1/10^{e}$.

Nous avons également déterminé (cet élément nous était d'ailleurs nécessaire pour la mesure du débit du barrage) le profil en travers de la surface libre de l'eau, dans la section droite correspondant aux mesures faites au moulinet, et dans la section homologue du modèle; la figure 3 montre la différence très nette entre ces deux profils; conformément à ce qui est indiqué plus haut, la contraction latérale est beaucoup plus forte dans le barrage que dans le modèle, la valeur de la section mouillée n'étant d'ailleurs pas sensiblement modifiée; la forme du profil en travers accuse donc des divergences notables vis-à-vis de la similitude.

On voit donc que ces expériences, venant achever la série d'études que nous avons entreprises sur la similitude de l'écoulement dans les barrages, si elles soulignent la divergence déjà indiquée de la forme des profils en travers dans le cas de contractions latérales, permettent de conclure d'une manière définitive à l'exactitude de la détermination globale du débit de ces ouvrages par des études sur modèles réduits.

BOTANIQUE. — *Les Palmiers de Madagascar.* Note de M. Henri Jumelle.

La grande diversité des Palmiers malgaches est restée pendant longtemps insoupçonnée. Avant 1888, neuf espèces seulement étaient connues comme originaires de l'île. On cultivait dans les serres d'Europe et en quelques pays chauds un *Areca madagascariensis* Martius, qui était l'*Areca borbonica* et l'*Hyophorbe lutescens* des horticulteurs (devenu aujourd'hui *Chrysalidocarpus lutescens* Wendl.), ainsi qu'un *Areca madagascariensis* ou *Dypsis madagascariensis* des horticulteurs, différent du précédent, et qui est aujourd'hui le *Chrysalidocarpus madagascariensis* Becc. Un *Areca gracilis*

de du Petit-Thouars (aujourd'hui *Dypsis gracilis* Bory), un *Dypsis nodifera* (aujourd'hui *Phloga polystachya* Noronha), un *Dypsis pinnatifrons* qui était la même espèce, un *Dypsis hirtula* et le *Raphia Ruffia* étaient encore cités dans l'*Historia naturalis Palmarum* de Martius (1833-1850). Enfin Bojer mentionnait en 1837 dans son *Hortus Mauritianus* l'*Hyphaene Schatan* (*satranamira* des indigènes) et le *Borassus madagascariensis*; puis, beaucoup plus tard, en 1881, Hildebrandt et Wendland nommaient *Bismarckia nobilis* le *satranabe* de l'Ouest.

En 1887, avec Baker, puis en 1894, avec Baillon, nos connaissances commencent à s'étendre; malheureusement les nouvelles espèces que signalent ces deux botanistes étaient très rapidement et très imparfaitement décrites, parfois même d'après des échantillons mélangés; et les dénominations génériques adoptées ont dû être ensuite, pour la plupart, abandonnées.

Le sujet était donc ainsi presque neuf lorsque Beccari le reprit en 1907. Non seulement le botaniste italien donnait alors les diagnoses détaillées, parfois complètes, d'assez nombreuses espèces, mais, en supprimant certains genres de Baillon, remaniant les autres, qu'il établissait sur des caractères plus précis, il avait le grand mérite d'aboutir à un classement générique qu'on peut considérer aujourd'hui comme définitif, et qui a été la base des recherches que nous-même, depuis cette époque jusqu'à aujourd'hui, soit en collaboration avec M. Perrier de la Bâthie, soit seul, nous avons poursuivies sur ces Palmiers de Madagascar.

Beccari, en même temps qu'il modifiait les noms de presque toutes les espèces antérieurement décrites, décrivit une douzaine d'espèces nouvelles; et l'ensemble de ses travaux est réuni dans son beau volume illustré sur les *Palme del Madagascar* paru à Florence en 1912.

Le nombre des Palmiers malgaches alors connus, d'après les études de Beccari et de ses devanciers, était de 56. Avec toutes les espèces créées par nous depuis 1913, il est, à l'heure présente, de 110.

Ces 110 espèces se répartissent en 18 genres dont 12 sont exclusivement de Madagascar. Au contraire, les *Borassus*, *Hyphaene*, *Medemia* et *Raphia* sont bien représentés dans l'île par des espèces spéciales, mais appartiennent en même temps génériquement à d'autres régions. L'*Elaeis guineensis* et le *Phœnix reclinata*, du continent africain, sont au total les seules espèces étrangères qu'on retrouve à Madagascar, tout au plus sous la forme de variétés. On peut dès lors se demander, surtout pour l'*Elaeis guineensis*, si elles n'ont pas été introduites.

Les deux *Borassus* malgaches sont le *Borassus madagascariensis*, de l'Ouest, et le *Borassus sambiranensis*, du Sambirano; l'*Hyphaene Schatan* s'étend dans tout le bassin sédimentaire occidental; c'est aussi dans l'Ouest, mais, en outre, dans la partie Nord du versant oriental que croît le *Medemia nobilis*; quant au *Raphia Raffia*, il a pour aire de distribution naturelle l'Ouest et, d'autre part, dans l'Est, la partie au nord de Mananjary.

Parmi les genres entièrement endémiques, les plus largement représentés dans l'île sont les quatre genres *Neophloga*, dont on connaît jusqu'ici 25 espèces, presque toutes de l'Est ou du Centre, *Dypsis*, avec 21 espèces des mêmes régions, à la seule exception du *Dypsis sambiranensis*, du Sambirano, *Chrysalidocarpus*, dont les 21 espèces sont de l'Est, du Centre, de l'Ouest et du Sambirano, et *Neodypsis*, dont les 15 espèces se répartissent sur les mêmes domaines.

Les *Dypsis*, dont les fleurs mâles ont trois étamines, sont, non pas toujours, mais souvent de très petits Palmiers, dont certains atteignent à peine 1^{m} de hauteur. Les *Neophloga*, à spathe supérieure ordinairement persistante, n'ont fréquemment pas de plus grandes dimensions. Les *Chrysalidocarpus*, à spathe supérieure caduque, et les *Neodypsis*, à albumen ruminé, sont, par contre, généralement de plus grande taille.

Sont aussi, soit de grands Palmiers, soit des Palmiers de taille moyenne les *Ravenea*, dont les huit espèces connues sont du Centre, de l'Ouest, de l'Est, du Sud-Ouest ou du Sambirano, les *Louvelia*, dont les trois espèces sont de l'Est, les *Vonitra*, dont deux espèces sont de l'Est et deux du Sambirano. L'un des deux *Vonitra* de l'Est, le *Vonitra Thouarsiana* est, par ses gaines foliaires, le grand producteur du « piassava » de Madagascar.

C'est enfin exclusivement sur le versant oriental que se trouvent ces Palmiers actuellement monotypes qui sont l'*Antongilia Perrieri*, le *Beccariophœnix madagascariensis*, à l'énorme spathe ligneuse et producteur de paille à chapeaux, le *Masoala madagascariensis* et le *Sindroa longisquama*, qui est à fleurs mâles à plus de 6 étamines.

Un dernier genre, le genre *Phloga*, à albumen ruminé, possède une espèce qui est de l'Est et du Centre, le *Phloga polystachya*, et une espèce qui est du Sambirano, le *Phloga sambiranensis*.

Mais, en définitive, on remarquera que c'est le versant oriental de Madagascar qui représente la partie de l'île la plus riche en espèces de Palmiers. En fait, sur les 110 espèces que nous signalons, 54 sont des habitantes exclusifs de ce versant, et 9 autres croissent vers les confins de ce versant

et du Centre. 21 appartenant, d'autre part, au domaine du Centre et 7 étant spéciales à celui du Sambirano, la région la plus pauvre est de beaucoup celle de l'Ouest, surtout si l'on met à part celles de ces espèces occidentales qui ne sont pas particulières à ce versant et lui sont communes avec l'Est, le Sambirano ou le Centre.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Étude géologique sur le centre de l'Indochine entre Tourane et le Mékong* (*Annam Central et Bas-Laos*), par Josué-Heilmann Hoffet.

2° *Spadizione Italiana de Filippi Nell' Himàlaia, Caracorùm e Turchestàn Cinese* (1913-1914). Serie II : *Sotto La Direzione di Giotto Dainelli*. Vol. VII : *Le Rocce*, par Piero Aloisi.

3° *Dix ans sous terre. Campagnes d'un explorateur solitaire*, par Norbert Casteret.

4° *Diagrammes des eaux souterraines dans le centre du Delta pendant plusieurs années*, par Ch. Audebeau Bey. (Présenté par M. E. Roux.)

MÉCANIQUE PHYSIQUE. — *Détermination directe de la pression moyenne dans les machines thermiques*. Note [1] de **André Labarthe**, présentée par M. Armand de Gramont.

La détermination de la pression moyenne du fluide évoluant dans un moteur est un élément d'étude très précieux pouvant éclairer la conception et l'expérimentation de ces machines. Ce nombre qui représente l'ordonnée moyenne du diagramme où la pression est exprimée en fonction du temps, est égal à la moyenne des efforts sur le piston d'une machine volumétrique.

Un indicateur de Watt, dont le tambour possède un mouvement de rotation uniforme ou un manographe photo-cathodique lorsqu'il s'agit de moteurs rapides, donnent après planimétrage du diagramme pression-

(1) Séance du 31 juillet 1933.

temps, une valeur de l'ordonnée moyenne que nous nous proposons d'obtenir directement.

Une membrane métallique très épaisse est placée sur un orifice que l'on dispose sur la paroi de l'enceinte contenant le fluide à étudier en supprimant toute canalisation auxiliaire.

Si la surface extérieure de la membrane est rendue réfléchissante à la lumière (polissage, nickelage, chromage), un faisceau lumineux parallèle incident sera réfléchi suivant un faisceau dont la divergence dépendra de la courbure de la membrane, c'est-à-dire de la pression régnant dans l'enceinte. En opérant sous une incidence voisine de la normale et pour des membranes suffisamment épaisses, l'expérience montre qu'il y a proportionnalité entre la pression existant dans l'enceinte et le flux réfléchi. Si l'on place à l'intérieur du faisceau réfléchi une cellule photoélectrique dont on relie les bornes à celles d'un microampèremètre à courant continu dont la période propre est très supérieure à celle du phénomène étudié, on obtient une déviation permanente correspondant à la pression moyenne du diagramme pression-temps. Un étalonnage initial de la membrane permet d'en déterminer la valeur. Si le diamètre de la cellule est inférieur à celui du faisceau au point où il vient la frapper, l'indication est indépendante des vibrations.

L'emploi de membranes épaisses permet le relevé des pressions moyennes aux plus grandes vitesses de rotation réalisées dans les machines thermiques.

Un second procédé permet le relevé direct de l'ordonnée moyenne du diagramme pression-volume (Clapeyron) appelée couramment pression moyenne indiquée.

Il suffit pour cela de placer devant la cellule une fenêtre de section inférieure à sa surface sensible. On fait varier cette section au moyen d'un mécanisme approprié dont le principe est indiqué plus loin suivant la loi dv/dt, v désignant le volume spécifique du fluide évoluant.

En effet, l'abscisse x du piston du moteur est reliée à l'angle α de rotation de la manivelle par la relation approchée

$$x = \frac{l}{2}(1 - \cos\alpha) + l\frac{\sin 2\alpha}{8\lambda} \tag{1}$$

(l, course; λ, rapport bielle/course).

Cette relation est exacte jusqu'à la troisième décimale pour les moteurs courants.

La vitesse du piston $u = dx/dt$ est donc

$$u = \frac{\pi n l}{60}\left(\sin\alpha + \frac{\sin 2\alpha}{4\lambda}\right). \tag{2}$$

Le flux φ reçu par la cellule et par conséquent le courant qui est envoyé dans le microampèremètre est égal à $hs\cos\alpha$, h désignant l'éclairement à travers la fenêtre de section s et α l'angle d'incidence des rayons lumineux sur la cellule. L'incidence étant normale, le courant est proportionnel à h et à s. L'intensité de la source lumineuse étant constante, h est proportionnel à la pression régnant dans le moteur. Comme le microampèremètre donne une indication égale à la moyenne de l'intégrale $\int hs\,dt$, s variant suivant la loi dv/dt, il suffira d'une lecture directe pour obtenir la valeur moyenne de l'intégrale $\int p\,dv$. Une nouvelle lecture, lorsque l'allumage du moteur est coupé, permet d'évaluer le travail dû à la compression préalable des gaz moteurs et de déterminer par différence l'aire du diagramme de Clapeyron sans avoir aucun recours à un appareil enregistrant le cycle.

La réalisation du mouvement donné par l'équation (2) est obtenue par une manivelle qu'entraîne un volet obturateur se déplaçant devant une fenêtre dont l'un des bords présente une forme sinusoïdale permettant de matérialiser le second terme de l'équation (2).

SPECTROSCOPIE. — *Sur la polarisation de la lumière de fluorescence de la vapeur de mercure pure.* Note de M. **A. Kastler**, transmise par M. A. Cotton.

Dans la théorie quantique élémentaire, des règles de polarisation simples permettent d'interpréter les états de polarisation des composantes des effets Zeeman et Stark (1). W. Heisenberg (2) a montré que ces règles s'appliquent encore en absence de champ extérieur, dans les phénomènes de diffusion et fluorescence. Le rôle du champ est joué ici par les éléments de symétrie des vibrations lumineuses incidentes. Heisenberg établit le postulat suivant :

---

(1) A. Sommerfeld, *La constitution de l'atome et les raies spectrales*, traduction Bellenot, Chap. V.

(2) *Zeitsch. f. Phys.*, 31, 1925, p. 617.

On doit calculer l'état de polarisation de la lumière réémise comme s'il existait un champ directeur orienté suivant l'axe de révolution de la vibration incidente. Ce postulat lui a été suggéré par les recherches expérimentales sur la polarisation de la lumière de résonance des atomes Hg et Na (1).

Dans un article qui paraîtra prochainement (2) je montre que les considérations de Heisenberg trouvent un champ d'application intéressant dans l'étude de la fluorescence visible de la vapeur de mercure. En absorbant successivement les radiations 2537 et 4358 de l'arc au mercure, les atomes Hg sont portés au niveau $2^3 S_1$, à partir duquel ils peuvent réémettre les radiations 4046, 4358 et 5461, en revenant à des états énergétiques inférieurs (3).

J'ai appliqué les règles de polarisation à ce processus et obtenu ainsi des règles concernant l'intensité et l'état de polarisation des radiations de fluorescence. La prévision la plus facile à vérifier est la suivante :

Lorsqu'on éclaire la vapeur de mercure pure par un faisceau parallèle de lumière naturelle contenant les deux raies 2537 *et* 4358 Å, *les raies de fluorescence* 4358 *et* 4046 Å *observées dans une direction normale au faisceau incident doivent être polarisées rectilignement, à angle droit l'une de l'autre.*

On sait que l'état de polarisation d'une raie de fluorescence est définie par le degré de polarisation $P = I - i/I + i$. Dans le cas actuel, P doit être égal à $+1$ pour 4358, à -1 pour 4046.

Le phénomène a été étudié expérimentalement; la technique est celle devenue classique par les études sur la résonance et la diffusion de la lumière (4). On obtient sur la plaque photographique deux images I et i de chaque raie dont on compare les noircissements.

Les spectrogrammes obtenus montrent nettement que la raie 4358 est polarisée positivement ($I > i$) et que la raie 4046 est polarisée négativement ($I < i$).

Mais la polarisation des deux raies est incomplète pour les raisons

---

(1) P. PRINGSHEIM, *Fluoreszenz u. Phosphoreszenz*, 1928, p. 88-99. On y trouvera toutes les indications sur les travaux de Wood et autres.

(2) A. KASTLER, *Le bilan de moment cinétique et les règles de polarisation en spectroscopie. Application à la diffusion de la lumière et à la fluorescence* (*Journal de Physique*, 7, VII, 1933, p. 406).

(3) G. BRUHAT, *Cours d'Optique*, § 403, p. 630; P. PRINGSHEIM, *loc. cit.*, p. 27; W. GROTRIAN, *Graphische Darstellung der Spektren*, 1, 1928, p. 96.

(4) J. CABANNES et A. ROUSSET, *Annales de Physique*, 19, 1933, p. 229.

suivantes : 1° manque de parallélisme du faisceau incident; 2° action dépolarisante des atomes voisins; 3° présence de l'état métastable 2^3P_0 excité par 4046 [1]; 4° présence du champ terrestre; 5° déficit de polarisation dû à l'anomalie de structure hyperfine des raies.

En diminuant l'ouverture du faisceau incident, en abaissant la température de la chambre de fluorescence et en rectifiant le champ terrestre par un champ magnétique de quelques gauss parallèle au faisceau incident, j'ai constaté que le degré de polarisation des deux raies s'accroît en valeur absolue.

Conformément au postulat de Heisenberg, un champ magnétique dirigé suivant une direction perpendiculaire au faisceau incident doit affaiblir la polarisation des raies. J'ai vérifié expérimentalement cet effet dépolarisant du champ.

J'ai montré qu'on doit trouver d'autres particularités intéressantes en isolant les raies excitatrices et en polarisant convenablement les faisceaux incidents. Des expériences pour préciser les résultats précédents et pour réaliser ces nouvelles combinaisons sont à l'étude.

Dans le phénomène que j'étudie (vapeur Hg pure à basse pression) les atomes conservent leur orientation invariable dans l'espace pendant les opérations successives d'absorption et de réémission. Avec de la vapeur de mercure mêlée à une atmosphère d'azote, on obtient un effet plus intense, mais *tout différent*. Les atomes, entre les deux phases successives de l'absorption, subissent de nombreux chocs qui les portent à l'état métastable 2^3P_0 et les réorientent au hasard. Ce cas a été étudié expérimentalement et théoriquement par Richter et Mitchell [2].

SPECTROSCOPIE. — *Prolongement du spectre d'absorption ultraviolet de l'ozone vers les grandes longueurs d'onde.* Note [3] de M. **D. Chalonge** et Mme **L. Lefebvre**, transmise par M. Ch. Fabry.

Pour étudier le spectre d'absorption de l'ozone dans le domaine ultraviolet de longueurs d'onde supérieures à 3400 Å, il était nécessaire de disposer une longue colonne d'ozone. Nous avons construit un appareil

(1) J'ai vérifié expérimentalement que la participation des états métastables est négligeable. Voir aussi le paragraphe à la fin de la Note.

(2) Richter, *Ann. der Physik*, 7, 1930, p. 293; A. C. G. Mitchell, *Physical Review*, 40, 1932, p. 964, et 43, 1933, p. 887.

(3) Séance du 31 juillet 1933.

permettant de remplir en un temps de l'ordre de l'heure un tube d'absorption de 2^{m},45 de long et 35^{mm} de diamètre, d'oxygène ozonisé à une concentration supérieure à 20 pour 100. L'ozoneur du type de Berthelot, a la forme d'un vase de Dewar, de 28^{cm} de profondeur et de 40^{mm} de diamètre extérieur; les deux tubes coaxiaux qui le constituent ont leurs faces en regard distantes de 3^{mm}; leurs faces externes, recouvertes de feuilles d'étain, sont reliées aux deux pôles du secondaire d'une bobine de Rochefort alimentée par le courant provenant d'un interrupteur tournant à mercure. Deux ozoneurs identiques, en série, sont traversés successivement par le même courant d'oxygène sec; ils sont refroidis à — 80° C. dans un mélange de glace carbonique et d'acétone. L'oxygène ozonisé qui en sort est concentré par liquéfaction dans un tube plongeant dans l'oxygène liquide : l'ozone s'y condense en presque totalité alors que l'oxygène s'échappe presque complètement. Après 40 à 50 minutes de préparation on retire l'oxygène liquide. Le liquide bleu foncé qui s'est condensé se vaporise, et en quelques minutes le tube s'emplit d'un gaz très riche en ozone qui sous 2^{m},45 d'épaisseur a une teinte bleu violacé intense (¹).

Un dosage spectroscopique nous a donné 55^{cm} comme épaisseur totale d'ozone pur contenu dans le tube, soit 22 pour 100 : ce dosage a été fait pour les radiations 3391 et 3425 Å, les coefficients d'absorption correspondant (respectivement 0,0185 et 0,0105) ayant été déterminés préalablement par comparaison avec ceux déterminés par Ny et Choong (²) pour des radiations comprises entre 3299 et 3338 Å.

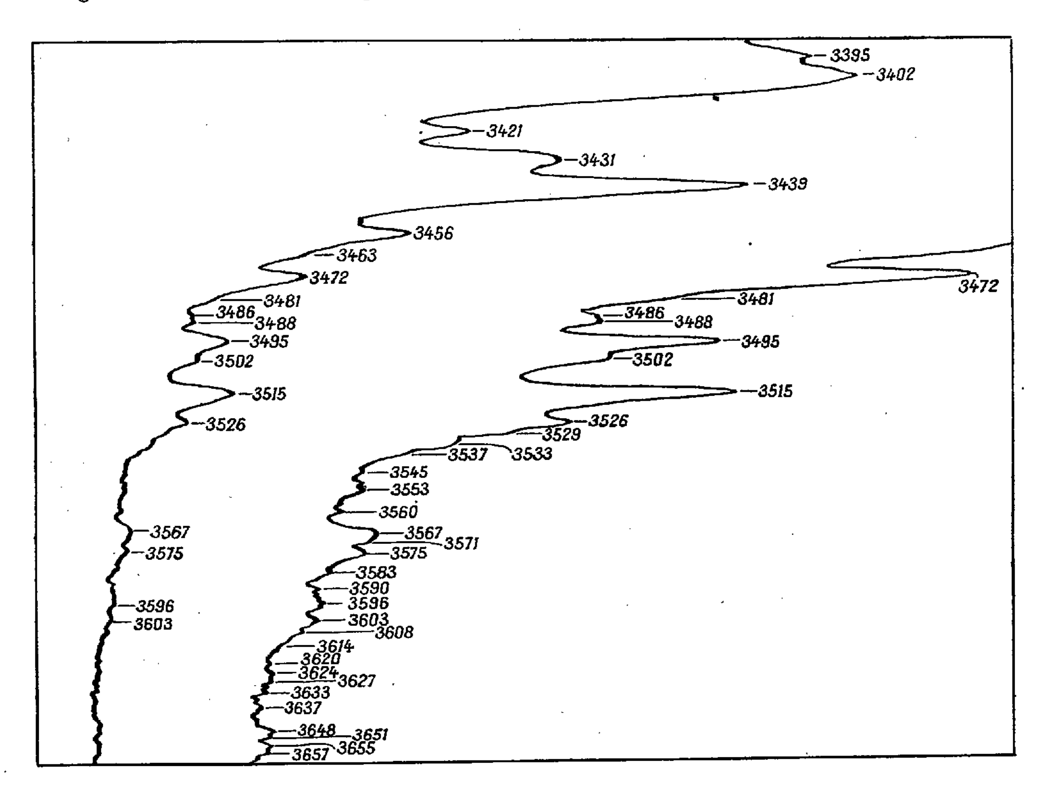
Nous avons étudié le spectre de cet ozone à l'aide d'un spectrographe Hilger à optique de quartz (dispersion 24 Å par millimètre aux environs de 3450 Å) en utilisant comme source un tube à hydrogène. L'absorption est totale au delà de 3385 Å vers les courtes longueurs d'onde et l'on découvre, jusque vers 3660 Å, des bandes nouvelles prolongeant les bandes de Huggins. La figure représente l'enregistrement au microphotomètre d'un des spectres obtenus : les deux courbes correspondent au même spectre; la

---

(¹) Cet ozone est assez stable lorsqu'il a été préparé à partir d'oxygène bien sec : la teinte bleue s'affaiblit très lentement et peut subsister plus d'une semaine. La picéine des masticages n'est pas attaquée par l'ozone.

(²) Ny et Choong, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 309. Il est à noter toutefois que cette comparaison nous a donné, pour 3391 Å, une valeur (0,0185) du coefficient différant nettement de celle de Ny et Choong (0,013).

courbe supérieure, faite avec une sensibilité plus grande, montre les bandes de grande longueur d'onde, la courbe inférieure les bandes de plus courte longueur d'onde. Les longueurs d'onde approchées des maxima principaux



d'absorption sont inscrites sur la figure. Le coefficient d'absorption est de l'ordre de 0,0025 pour 3648 Å.

Les bandes 3439, 3515, 3575 Å avaient déjà été signalées comme bandes telluriques au cours de recherches sur l'ozone atmosphérique (¹).

Nous avons, d'autre part, fait une étude détaillée de ces nouvelles bandes d'absorption et, d'une façon générale, de toutes celles qui sont comprises entre 3100 et 3660 Å, en utilisant le second ordre d'un petit réseau concave de 1^{m} de rayon (dispersion 8,5 Å par millimètre) et nous avons pu mettre en évidence de très nombreux détails de structure fine

(¹) CABANNES et DUFAY, *Comptes rendus*, 181, 1925, p. 302. LAMBERT, DÉJARDIN et CHALONGE, *Bull. Obs. Lyon*, 9, 1927, p. 45.

distants de 1 à 2 Å les uns des autres. Ce n'est d'ailleurs pas là la structure ultime car l'étude de certaines portions plus réduites de ce spectre à l'aide du grand réseau de Rowland de l'École Normale nous a revélé des détails plus serrés (0,2 à 0,4 Å). Ces résultats seront publiés ailleurs.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Déviation électrostatique et charge spécifique de l'électron positif.* Note de M. **Jean Thibaud**, présentée par M. Maurice de Broglie.

Des observations (¹) déjà nombreuses, faites par la méthode des brouillards de Wilson, ont montré l'existence d'un corpuscule nouveau, de charge positive, facilement déviable par le champ magnétique et auquel on a donné le nom d'électron positif. Cette dénomination se justifiera davantage si l'on montre que ce corpuscule subit également la déviation électrostatique, dans le sens d'une charge positive et que sa charge spécifique est de l'ordre de grandeur de celle de l'électron négatif, sans être comparable à celle d'autres particules chargées, telles que les protons. C'est à quoi nous sommes parvenu à l'aide d'un dispositif qui fournit une raie spectrale d'électrons positifs assez intense pour se prêter commodément à l'expérience.

1. *Spectre magnétique d'électrons positifs.* — Une source d'électrons positifs est placée, dans le vide, entre les pièces polaires d'un électroaimant ($H = 10^4$ u.e.m.), dans la région marginale de champ *inhomogène*. On reçoit alors sur un film photographique, diamétralement opposé et protégé par un masque en plomb contre les rayons directs, une raie à contour net d'un côté Cette raie ne se déplace pas si le champ varie et demeure toujours symétrique de la source par rapport au centre du champ. Une raie analogue est obtenue, mais dix fois plus rapidement, en renversant le champ : elle est alors due aux électrons négatifs émis par la même source.

Chaque corpuscule positif décrit un petit cercle de quelques millimètres de diamètre; mais l'inhomogénéité du champ produit une précession. La trajectoire finale est une cycloïde comme dans les expériences de Villard (²) sur les rayons cathodiques. C'est le point d'impact de la cycloïde sur le film qui produit la raie observée.

(¹) La première en date est celle de C. D. Anderson, *Science*, 76, 1932, p. 238.
(²) *Journal de Physique*, 7, 1908, p. 439.

Les électrons positifs impressionnent donc fortement l'émulsion photographique et, comme les électrons négatifs, se prêtent à l'obtention de lignes spectrales magnétiques. Ce dispositif nous a permis de reconnaître les propriétés suivantes : *a*. une forte émission d'électrons positifs est constatée à l'extérieur d'un tube d'argent renfermant un sel de radium, de même qu'avec une ampoule de radiothorium entourée de plomb; *b*. des écrans absorbants sont disposés sur le film : $0^{mm},04$ d'argent est sans effet sur la raie positive; $0^{mm},5$ d'aluminium réduit son intensité dans une forte proportion et 1^{mm} Al pour la plus grande partie. L'absorption des électrons positifs est comparable à celle d'électrons négatifs d'énergie peu inférieure à 10^6 eV.

2. *Déviation électrostatique d'électrons positifs.* — Deux grilles planes parallèles sont disposées normalement au trajet de la cycloïde décrite par le corpuscule positif : le champ électrostatique établi entre elles se trouve perpendiculaire au champ magnétique et aura pour effet de déplacer la cycloïde, dans son plan, soit vers les bords polaires, soit vers le centre. En fait, on observe un déplacement de la raie positive, d'un côté ou de l'autre, suivant le sens donné au champ, mais toujours dans un sens tel que le corpuscule soit *attiré* par l'électrode chargé négativement.

D'autre part, si l'on renverse le champ magnétique, de manière à former sur le film la raie d'électrons négatifs, le déplacement subi par cette raie, pour une même polarité des électrodes, est de sens inverse de celui de la raie positive. Enfin, les déplacements Δx, en fonction de la tension entre électrodes, sont sensiblement égaux qu'il s'agisse d'électrons positifs ou d'électrons négatifs (les points expérimentaux montrent un déplacement linéaire en fonction de la tension).

La charge spécifique de l'électron positif ne peut donc être d'un ordre de grandeur différent de celle de l'électron négatif.

Numériquement le déplacement Δx est faible : $2^{mm},3$ pour 11500 volts (une électrode au sol, l'autre portée successivement à $+5000$ et à -7500 volts). Il correspond bien à ce que l'on peut calculer pour la déviation, dans de tels champs, de la cycloïde décrite par un électron. Toutefois la petitesse de cet effet ne nous permet pas de donner, pour le moment, la valeur numérique de e/m_0 de l'électron positif.

Des expériences plus précises sont en cours.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Action de l'eau de chlore sur l'azotate d'argent. Étude cinétique.* Note [1] de Mlle **M. L. Josien**, transmise par M. H. Le Chatelier.

On sait que l'eau de chlore donne avec l'azotate d'argent un précipité de chlorure d'argent [2]. Nous avons repris l'étude de cette réaction et montré que l'action de l'azotate d'argent sur l'eau de chlore se fait en deux étapes [3].

La première est instantanée; elle correspond à la rupture de l'équilibre d'hydrolyse

$$Cl^2 + H^2O \rightleftharpoons ClH + ClOH \quad (^4);$$

elle entraîne la précipitation de la moitié des atomes de chlore présents, en même temps qu'elle fait apparaître une quantité d'acide hypochloreux telle que son pouvoir oxydant vis-à-vis de l'anhydride arsénieux, additionné de bicarbonate de sodium, est égal à celui de l'eau de chlore primitive. La fin de cette première étape peut être précisée analytiquement; en effet si l'on ajoute, goutte à goutte, une liqueur d'azotate d'argent à un échantillon d'eau de chlore, additionné de quelques gouttes de chromate de potassium et d'une pincée de carbonate de calcium, pour maintenir le milieu neutre, on observe un virage au rouge très net, virage qui se produit au moment où l'on a versé un nombre de molécules d'azotate d'argent égal à la moitié du nombre des atomes de chlore primitifs.

Si l'on verse l'azotate d'argent dans des eaux de chlore contenant, outre du chlore dissous, des ions Cl^-, cas des eaux de chlore vieillies ou insolées, par exemple, on observe le même virage, mais celui-ci est retardé quantitativement, chaque ion Cl^- consommant 1^{mol} de réactif.

La deuxième étape semble consister en la décomposition en acides chlorique et chlorhydrique de l'acide hypochloreux formé dans la première,

$$3\,ClOH = ClO^3H + 2\,ClH,$$

(1) Séance du 31 juillet 1933.

(2) Senderens, *Comptes rendus*, **104**, 1887, p. 175.

(3) Diplôme d'études supérieures de la Faculté des Sciences de Lille (1931).

(4) Jakowkine, *Zeits. f. phys. Chem.*, **29**, 1899, p. 613.

les nouveaux ions Cl^- précipitant à leur tour à l'état de chlorure d'argent.

L'ensemble des deux étapes reproduit bien, au total, l'équation classique

$$3Cl^2 + 3H^2O + 5NO^3Ag = 5ClAg + ClO^3H + 5NO^3H,$$

mais seulement après un temps variable, car la deuxième étape, contrairement à la première, est lente et de vitesse mesurable.

Cette vitesse est influencée par la quantité d'azotate d'argent conformément à la loi d'action de masse. Dans un mélange $0,039\,(Cl + aNO^3Ag)$, à 21°, des prélèvements faits au bout de 250 minutes, et dans lesquels on dosait l'acide hypochloreux encore présent, ont donné les résultats suivants :

a.	1/2.	5/6.	1.	12/5.
Pour 100 de ClOH par rapport au ClOH maximum...	97,4	75	72	43

Il est intéressant de remarquer qu'en l'absence d'un excès d'azotate d'argent l'acide hypochloreux formé dans la première étape est relativement stable.

La dilution retarde l'évolution du mélange. Au bout de 180 minutes, des prises d'essai, faites dans des solutions répondant à la formule

$$b(0,045\,Cl + 0,091\,NO^3Ag),$$

présentaient encore les quantités d'acide hypochloreux suivantes :

b........................	1.	0,8.	0,5.	0,25.	0,1.
P. 100 de ClOH par rapport au ClOH maximum.	50	57	71	89	98

La température accélère la disparition de l'acide hypochloreux, sans toutefois la rendre instantanée. Le mélange $0,028\,Cl + 0,091\,NO^3Ag$ nous a donné les résultats suivants au bout de 60 minutes :

Température............	0°.	18°.	41°.	57°.	100°.
Pour 100 de ClOH par rapport au ClOH maximum.........	89	82	50	36	8

En résumé, le mélange d'eau de chlore et d'azotate d'argent aboutit à la formation d'un précipité de chlorure d'argent contenant d'abord la moitié du chlore présent dans la liqueur et s'enrichissant ensuite, au fur et à mesure de la disparition de l'acide hypochloreux formé dans la première étape, jusqu'à correspondre finalement aux 5/6ᵉ du chlore primitif.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la représentation graphique des équilibres chimiques.* Note de M. **Pierre Jolibois**, transmise par M. H. Le Chatelier.

Dans une Note parue le 10 juillet 1933 dans ce Recueil, M. Étienne s'est servi pour une démonstration de thermodynamique d'un mode de représentation graphique des équilibres chimiques au moyen d'un diagramme triangulaire.

Je tiens à signaler que j'ai publié antérieurement en collaboration avec M. Montagne [1] ce mode de représentation graphique qui nous était nécessaire pour calculer numériquement la dissociation du gaz carbonique. A ce propos nous avons indiqué l'existence d'un point jouissant de propriétés particulières dans le plan du triangle (point S de la Note de M. Étienne).

Les remarques faites dans ce cas particulier ont été généralisées ultérieurement par M. Montagne qui, au cours d'une publication [2], a donné aux droites passant par S le nom d'isocrases et au point S lui-même le nom de point caractéristique de la réaction chimique.

Les résultats énoncés dans les trois premiers paragraphes de la Note de M. Étienne ont donc été antérieurement publiés dans les Notes que je viens de citer.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Action des électrolytes sur les solutions de kaolin.* Note [3] de M. **Pichot**, transmise par M. J. Perrin.

Par agitation d'argile ou de kaolin avec de l'eau distillée, on obtient un système dispersé formé de particules quasi ultra-microscopiques. En ajoutant à ce trouble une solution électrolytique, on peut modifier dans un sens ou dans l'autre la vitesse de clarification. D'où deux catégories d'électrolytes :

Un électrolyte est dit *peptisant* si, ajouté à un trouble d'argile ou de kaolin, il augmente ou modifie peu la vitesse de clarification du trouble.

Un électrolyte est dit *floculant*, s'il accélère la clarification.

L'opacité d'un trouble, à un instant donné, croît de la surface au fond du

(1) P. Jolibois et P. Montagne, *Comptes rendus*, 187, 1928, p. 1145.

(2) P. Montagne, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 928.

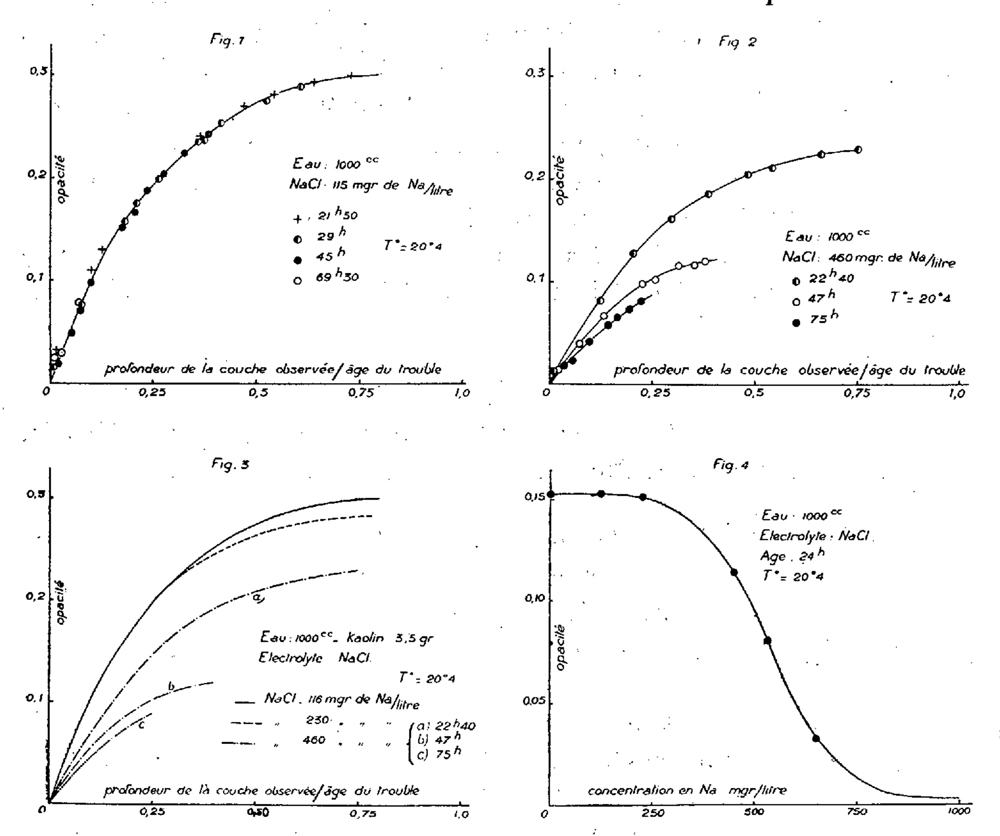
(3) Séance du 31 juillet 1933.

vase; pour une couche à une profondeur donnée, l'opacité décroît avec le temps.

a. Les variables du phénomène sont :

1° La quantité totale de kaolin en expériences;
2° La température;
3° L'électrolyte et la concentration de l'électrolyte;
4° L'âge t du trouble;
5° La distance l de la couche observée à la surface libre;
6° L'opacité de cette couche.

Dans toutes nos expériences, nous avons opéré sur la même quantité totale de kaolin dans un litre de trouble et à la même température.



Pour un électrolyte et une concentration donnée, les variations indépendantes sont : la distance l de la couche observée et l'âge t du trouble. L'opacité est une fonction de l et de t.

Prenons pour variable le quotient $l : t$.

b. Pour un électrolyte *peptisant*, l'opacité est constante pour un $l:t$ donné. Tous les points expérimentaux, opacité — $l:t$, sont sur une même courbe (*fig.* 1).

Un électrolyte peptisant fournit aux particules les charges électriques nécessaires qui rendent l'association des particules impossible. Lorsque deux particules, ainsi chargées d'électricité de même nom, arrivent au voisinage l'une de l'autre, les forces électriques répulsives empêchent leur union.

c. Pour un électrolyte *floculant*, l'opacité diminue avec le temps pour un $l:t$ donné. Les courbes, opacité, $l:t$ dépendent du paramètre temps (*fig.* 2); la présence de l'électrolyte amène la floculation, le groupement des particules, une modification de la répartition des particules et de leurs dimensions dans le temps.

Dans certains cas, il peut y avoir des transformations chimiques.

d. Les différents sels, à une température donnée, sont des électrolytes peptisants jusqu'à une certaine concentration et deviennent ensuite des électrolytes floculants.

La courbe de la figure 4 représente la variation de l'opacité avec la concentration en chlorure de sodium pour une même valeur du rapport $l:t$.

Le palier initial correspond au pouvoir peptisant du chlorure de Na. Pour chaque sel, on peut définir pour une teneur donnée en kaolin, pour une température donnée, une *limite de seuil*, qui fournit la concentration de l'électrolyte au-dessus de laquelle une floculation puis une sédimentation du trouble est possible.

Au-dessous de la limite du seuil, l'électrolyte est peptisant, au-dessus, l'électrolyte est floculant.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques nitriles et cétones gras bromés.* Note (1) de M. **Pierre Trunel**, transmise par M. G. Urbain.

Lyman (2) a déjà montré que l'action du γ-chlorobutyronitrile sur les magnésiens conduit à des pyrrolines α substituées assez facilement réductibles.

Nous avions pensé que l'action de magnésiens sur des nitriles bromés

(1) Séance du 31 juillet 1933.

(2) Lyman, Craig, Balbrook et Hixon, *Journ. of Am. ch. Soc.*, 53, 1931, p. 1831.

homologues, mais à chaîne plus longue, conduirait de même, après réduction, à des imines cycliques à grand noyau.

En fait nous avons obtenu les cétones et non les imines cycliques.

Deux nitriles ont été essayés :

1. *Bromo-6-hexanenitrile.* — Nous l'avons préparé comme Harrower ([1]) en faisant réagir en solution méthylique du KCN sur du dibromopentane.

C'est un liquide incolore, bouillant mal, même après plusieurs rectifications, de point d'ébullition de 120/130/11.

Dosage de Br : trouvé, 45,3; calculé pour $C^6H^{10}NBr$, 45,4.
Dosage de N : trouvé, 7,8; calculé pour $C^6H^{10}NBr$, 7,9.

L'action du bromure de méthylmagnésium sur le bromo-6-hexanenitrile conduit à la *bromo-7-heptanone-2*.

Le produit de la réaction de 11g de $Br(CH^2)^5CN$ sur un excès de bromure de méthylmagnésium est versé sur un mélange de glace et de NH^4Cl, on extrait à l'éther, sèche et distille sous pression réduite. On obtient un liquide dont la très petite quantité ne nous a pas permis de prendre le point d'ébullition.

Dosage de Br : trouvé, 41,70 pour 100; calculé pour $C^7H^{13}OBr$, 41,45 pour 100.

Semicarbazone (dans alcool) : P. F. : 136°.

Dosage de Br : trouvé, 31,8 pour 100; calculé pour $C^8H^{16}ON^3Br$, 32 pour 100.
Dosage de N : trouvé, 16,9 pour 100; calculé pour $C^8H^{16}ON^3Br$, 16,8 pour 100.

2. *Bromo-11-undécanenitrile.* — Le *bromo-11-undécanoïque* est obtenu ([2]) par bromhydratation au sein d'éther de pétrole anhydre à 0°, d'acide undécylénique. P. F. : 51°.

Le *chlorure de bromo-11-undécanoïle*, obtenu par l'action de l'acide sur $SOCl^2$, est un liquide indistillable sans décomposition, même sous 10^{mm}.

L'ammoniaque aqueuse conduit à la *bromo-11-undécanamide* qui, cristallisée dans l'alcool, fond à 88°. Rendement à partir de l'acide : 74 pour 100.

Dosage de brome : trouvé, 30,4 pour 100; calculé pour $C^{11}H^{22}ONBr$, 30,3 pour 100.

Bromo-11-undécanenitrile. — On l'obtient par distillation sous pression réduite de l'amide en présence de P^2O^5 en excès. Après fractionnement il se présente comme un liquide incolore, brunissant avec le temps. Rendement : 76 pour 100. P. E. : 184°/17^{mm} ou 161°/5^{mm}.

$d_{24}^{24} = 1,131$; $n_D^{24} = 1,4705$.

([1]) HARROWER, *Journ. of ch. Soc. London*, 1931, p. 2048.
([2]) *Zeit. physiol. Ch.*, **192**, 1930, p. 245.

Réfraction moléculaire : trouvée, 60,72; calculée, 60,53.

Dosage de Br : trouvé, 32,2 pour 100; calculé pour $C^{11}H^{20}NBr$: 32,5 pour 100.

Bromo-12-*dodécanone*-2. — Le nitrile, traité par CH^3MgBr dans des conditions identiques à celles indiquées ci-dessus, conduit à la cétone.

C'est un solide : P. F. : 22°; P. E. : 153-154/5 ou 148/3,5^{mm}.

$d_{25}^{25} = 1,105$; $n_D^{25} = 1,4659$.

Réfraction moléculaire : trouvée, 65,8; calculée, 65,4.

Dosage de Br : trouvé, 30,2 pour 100; calculé pour $C^{12}H^{23}OBr$, 30,4 pour 100.

Semicarbazone P. F. : 118°.

Dosage de Br : trouvé, 24,8 pour 100; calculé pour $C^{13}H^{26}ON^3Br$, 25 pour 100.

L'obtention de cétones nous a conduit à essayer une cyclisation en passant par l'intermédiaire de cétone-amines. Dans ce but il a été préparé, en vue d'essais ultérieurs, le composé $NH^2(CH^2)^{10}COCH^3$.

La méthode de Gabriel fut employée. Furent obtenus :

Dodécanone-11-N*phtalimide* $CH^3CO(CH^2)^{10}—N=(CO)^2C^6H^4$:

Préparée par action au bain d'huile entre 250 et 300° pendant 5 heures de 15^g de phtalimide potassée sur 7^g de nitrile. Lavé à l'eau, essoré, cristallisé dans l'alcool.

C'est un solide P.F. : 69°.

Dosage d'azote : trouvé, 4,20 pour 100; calculé pour $C^{20}H^{27}O^3N$, 4,26 pour 100.

Semicarbazone : beaux cristaux dans l'alcool de P.F. : 146°.

Amino-12-*dodécanone*-2. P.F. : 93°. $CH^3CO(CH^2)^{10}NH^2$:

On traite la phtalimide alcoylée par une lessive de soude à 10 pour 100 jusqu'à dissolution complète (plusieurs heures). On neutralise, extrait à l'éther et fait bouillir l'acide phtalamique obtenu avec de l'acide chlorhydrique à 20 pour 100 jusqu'à redissolution. On a en fin d'opération une solution du chlorhydrate de l'amine qu'on neutralise et extrait au benzène. Par distillation de ce solvant et cristallisation dans l'alcool aqueux, nous avons obtenu une petite quantité de solide très bien cristallisé.

Dosage d'azote : trouvé, 6,85 pour 100; calculé pour $C^{12}H^{25}ON$, 7,0 pour 100.

Une ébullition prolongée (15 heures) de phtalimide avec une solution chlorhydrique à 20 pour 100 a laissé la phtalimide inaltérée; il faut passer par l'intermédiaire de l'acide phtalamique.

Nous avons été amenés à préparer aussi les chlorures d'acides, amides et nitriles correspondant à l'acide bromo-10-undécanoïque.

L'acide de *bromo*-10-*undécanoïque* a été obtenu par bromhydratation de l'acide undécylénique dans du toluène à 0°.

Le *chlorure de bromo-10-undécanoïle* est aussi un liquide indistillable.

La *bromo-10-undécamide* (ammoniaque sur le précédent) est un solide soluble dans le benzène qui, cristallisé dans l'alcool, fond à 93°,5.

Dosage d'azote : trouvé, 5,36 pour 100; calculé pour $C^{11}H^{22}ONBr$, 5,31 pour 100.

Nous n'avons pu l'obtenir par action directe de bromo-10-undécanate d'éthyle sur l'ammoniaque aqueuse. Aucune réaction ne s'est produite même après trois mois.

Le *bromo-10-undécanenitrile* est un liquide de point d'ébullition 174°/15^{mm}.

Dosage d'azote : trouvé, 5,60 pour 100; calculé pour $C^{11}H^{20}NBr$, 5,69 pour 100.

Les dosages d'azote ont été effectués par la méthode d'hydrogénation de M. Ter Meulen.

GÉOLOGIE. — *Sur l'âge des séries éruptives de l'Indochine méridionale (Cambodge et Cochinchine à l'ouest du Bassac).* Note de M. **J. Gubler**.

Sur le territoire compris entre le golfe du Siam à l'Ouest et le bassin du Tonlé Sap à l'Est, j'ai étudié depuis 1929 la position des séries éruptives.

Les granites y occupent trois positions géologiques différentes. Les granites anciens sont fortement mylonitisés, parfois recristallisés et peuvent passer à des othogneiss. Leur mise en place est vraisemblablement antéhercynienne. Du Sud au Nord, ils forment un massif au sud de Kpg. Speu et la base des écailles au sud-ouest de Battambang. A l'origine c'était un granite leucocrate à amphibole. D'autres granites et des pegmatites à amphibole, beaucoup moins écrasés que les précédents, traversent les gabbros et les amphibolites antépermiens avec lesquels ils ont été plissés. Leur mise en place est donc postdévonienne et antépermienne. Ce granite affleure à Taken et aux environs de Pailin. Enfin il m'est possible de confirmer l'âge postliasique de certains granites que je considérais déjà en 1930, quoique avec doute, comme postrhétiens. A Triton (Cochinchine) j'ai pu observer le contact de ce granite avec les bancs horizontaux de grès secondaires. De cet âge sont en outre les granites de Chaudoc, du phnom Angkor (Takéo), des buttes isolées de Kpg. Speu, du Kchol, de Kpg. Chhnang et de Chantaboun au Siam. Pétrographiquement ce granite se distingue des précédents par la présence d'une biotite vert-brun foncé et l'absence d'écrasement.

Les rhyolites occupent également des positions variées. Des rhyolites anciennes écrasées et quartzifiées sont liées au granite ancien. Leur limite

inférieure est également imprécise, en tout cas antérieure aux quartzites, terme le plus ancien des terrains sédimentaires du Cambodge. On les trouve sporadiquement dans toute la contrée étudiée. Elles sont toujours broyées. Des rhyolites postpermiennes se sont épanchées au moins en deux périodes : au Trias, précédant la montée du granite et postérieurement au Lias lors de sa mise en place. Un type très acide repose sur les calcaires du Permien supérieur bien daté au phnom Laguet près de Pailin, il constitue, en outre, le Ngat, le Banan et le Tippedey (Battambang). Aux rhyolites acides, à très rares phénocristaux d'orthose, succèdent des rhyolites porphyriques. L'une et l'autre ont alimenté les brèches polygéniques du Trias. Cependant, des rhyolites également porphyriques ont ultérieurement traversé les grès secondaires liasiques; leur mise en place accompagne la venue des granites dont elles renferment d'ailleurs la même biotite vert-brun foncé.

Les dacites sont intermédiaires au point de vue de leur position entre les andésites antépermiennes et les rhyolites qui les traversent. (Les tufs dacitiques de Kpg-Chhnang renferment de nombreux fragments d'andésites.) On les connaît à l'ouest de Kpg-Chhnang et au nord de Pailin.

Les gabbros et les diorites s'accompagnent de microgabbros, de dunites, de pyroxénolites, d'ortho-amphibolites, de dolérites. Cet ensemble traverse la série schisto-gréseuse pour le moins dévonienne. Il est toutefois antérieur aux dépôts permiens dans lesquels ces roches se trouvent remaniées. Il faut en distinguer cependant des diorites quartziques au contact du granite récent et des filons de dolérites quartziques qui traversent ce granite. A Taken, dans la province de Kampot, les gabbros et leur suite forment une zone continue, on les retrouve dans la province de Pursat et dans la zone cristalline de Pailin, où ils ont été plissés en même temps que la série schisto-gréseuse ancienne qu'ils pénètrent. Le type moyen en est une roche grenue très mélanocrate, renfermant de l'olivine, et le plus souvent de l'augite et de l'hypersthène; l'amphibole y figure comme produit d'altération du pyroxène. Ces roches ont pu être fortement écrasées comme à Kosla (Kampot).

De même que les épanchements rhyolitiques accompagnent la montée du granite, les andésites sont liées aux gabbros et aux diorites. Leur limite inférieure post-dévonienne peut être établie en de nombreux points où elles pénètrent la série schisto-gréseuse, mais alors que les roches gabbroïques intrusives sont strictement ante-permiennes, il est possible que les éruptions andésitiques se poursuivent dans le Permien; elles s'infiltrent en certains endroits dans des calcaires qu'elles marmorisent et qui pourraient

être permiens (alentours de Srê Chipou, prov. de Battambang). Les andésites débutent donc avant le Permien (les brèches permiennes en contiennent de nombreux débris) et continuent peut-être au cours de ce Permien, mais de toute façon elles sont anté-triasiques. On en connaît dans les provinces de Kpg. Speu, Kpg. Chhnang (Reang Khvao, où elles sont traversées par les dacites), partout dans la province de Pursat (Ampil, O Prach, Sap Mot), enfin au sud de Pailin sur le bord de la zone des gabbros et jusqu'à Poipet à l'extrémité nord du pays parcouru. Ces andésites sont principalement andésiniques et à augite, très fréquemment prehnitisées. Elles ont des faciès variés, microlitiques, porphyriques; parfois même elles ont l'aspect de mélaphyres (Srê Chipou au Sud, et Chinieng, à l'est de Pailin).

Bien connus et souvent cités dans tous les ouvrages sur l'Indochine, les basaltes ont toujours été considérés comme quaternaires. Au Cambodge, c'est suivant des lignes de fractures SE-NW que ces laves sont montées. Les principaux centres sont du Sud-Est au Nord-Ouest : Tatey et Veal Veng, sur le versant du Golfe de Siam, Samlot, Pailin et Tasen à l'ouest de Battambang.

L'histoire géologique des masses intrusives au Cambodge et en Cochinchine occidentaux peut donc se résumer ainsi : une mise en place antéhercynienne d'un batholite granitique avec des venues rhyolitiques, puis, lors du plissement hercynien, un magma acide identique a accompagné ou suivi immédiatement des gabbros et des andésites; enfin, à l'époque secondaire, après les mouvements majeurs, les plus grosses masses granitiques ont été mises en place dans un pays désormais stabilisé et soumis seulement à des dislocations verticales. C'est à la faveur de ce dernier genre de mouvements qu'a pu monter le magma basaltique.

GÉOLOGIE. — *Sur la structure de la côte orientale de la Méditerranée.* Note (1) de M. **Louis Dubertret**, transmise par M. Charles Jacob.

L'interprétation géologique de la côte orientale de la Méditerranée a varié quant à la définition de la limite septentrionale de la zone continentale syrienne vers la zone géosynclinale taurique, et quant au type struc-

(1) Séance du 31 juillet 1933.

tural des massifs côtiers. Elle est précisée maintenant par un levé au 1/200 000e des côtes syriennes et libanaises, exécuté par la Section Géologique du Haut-Commissariat à Beyrouth.

I. *Le bord Nord-Ouest de la zone continentale syrienne* est caché en grande partie par une nappe de roches vertes et de radiolarites. Du Crétacé de faciès syrien pointe cependant au Djebel Akra, au Sud-Ouest d'Antioche, et à Antioche même, montrant que le bord continental se trouve au Nord du Bas-Oronte. D'autre part dans le Kurd Dagh et le Harvar Dagh se fait, de l'Est à l'Ouest, un passage progressif des faciès syriens aux faciès de l'Amanus; celui-ci se rattache donc au continent. Le bord continental, touché par L. Kober sur le flanc Nord du Achyr Dagh, au Nord de Marach, où les formations calcaires syriennes butent contre des roches cristallophylliennes, semble être autour de ce point orienté sensiblement Ouest Sud Ouest-Est Nord Est. Ce tracé laisse en effet au Sud la chaîne de l'Amanus et du Kizil Dagh, ainsi que le Golfe d'Alexandrette; il diffère en cela de tous les tracés autrefois admis.

II. *Au point de vue structural*, la côte orientale de la Méditerranée a été interprétée par M. Blanckenhorn comme un pays de horsts et de fossés, tandis que L. Kober et ensuite E. Krenkel la comparèrent à un pays plissé; je considérais moi-même les massifs côtiers comme de grands dômes dirigés Sud Sud Ouest-Nord Nord Est. La carte géologique montre aujourd'hui que les régions hautes de ces massifs sont relativement tabulaires et qu'elles sont limitées par des failles à grands rejets ou par d'étroites zones de forts pendages : elles correspondent donc à des horsts et les dépressions qu'elles encadrent sont des fossés.

Les abords du Taurus exceptés, la côte orientale de la Méditerranée est due à des mouvements verticaux et non à des mouvements horizontaux. La description par L. Kober d'un pli couché au Nord-Ouest de Damas me paraît erronée et résulter d'une confusion stratigraphique. Les mouvements verticaux, d'origine profonde, furent subis passivement par les sédiments qui se décomposent en trois séries :

1° Le Jurassique, noyau des massifs, suit assez fidèlement les reliefs profonds, mais peut néanmoins former des plis qui n'en dépendent pas directement.

2° Le Crétacé et l'Éocène glissent à la surface du Jurassique, du fait d'une action lubrifiante des argiles et grès néocomiens; ils coulent vers les dépressions et peuvent même se replier en bourrelets dans les zones de forts pendages. Ils masquent ainsi partiellement les reliefs profonds.

3° Les dépôts post-éocènes, limités aux dépressions, jouent morphologiquement un rôle secondaire.

III. *Les grandes unités structurales.* — La ligne méridienne Mer Morte-Jourdain-Beyrouth divise la bordure orientale de la Méditerranée en deux grandes régions naturelles : la région palestinienne à l'Ouest, basse, très fracturée et à unités structurales peu accusées; la région libano-syrienne à l'Est, formée de horsts élevés, échelonnés le long de la côte, à savoir :

1° Le *Liban* et l'*Anti-Liban*, en forme de touches de piano, subparallèles, limités au Nord par une normale à leur direction, et au Sud par la ligne méridienne précipitée; ils mesurent respectivement 150 et 165^km de long sur 22 et 24^km de large. Le fossé de la Bekaa qu'ils comprennent est encaissé d'environ 2000^m; en biseau de 7 grades, il a 5^km de largeur au Sud et 25^km au Nord.

2° Le *Djebel Ansarieh* (ou Massif Alaouite) offre, dans sa moitié méridionale, la structure d'une table relevée vers l'Est, tandis que sa moitié septentrionale est un horst Nord-Sud de 60^km sur 20^km. Le *Djebel Zawiyé*, qui lui fait pendant à l'Est du fossé du Ghab, correspond à la lèvre relevée de la table désertique; il est divisé par des cassures méridiennes. Le Ghab, encaissé d'au moins 1000^m entre les deux massifs, mesure 60^km sur 10^km.

3° Le *Kizil Dagh* et l'*Amanus* forment aussi, contrairement aux idées régnantes, un horst, légèrement arqué, long de 180^km et large de 20^km. Le fossé du Kara Sou qui le longe à l'Est mesure de 10 à 15^km de largeur.

Les horsts et les fossés de la côte orientale de la Méditerranée ont des proportions remarquablement constantes qui doivent être considérées comme des caractéristiques régionales.

En résumé, la côte orientale de la Méditerranée doit être considérée, jusqu'à une ligne Ouest Sud Ouest-Est Nord Est passant par Marach, comme un pays de horsts et de fossés et non pas comme un pays plissé. Les tensions orogéniques ont affecté surtout le soubassement cristallin et les sédiments se sont conformés et adaptés passivement aux reliefs profonds.

ZOOLOGIE. — *Sur la larve de* Parachordodes violaceus (*Baird*).
Note de M. **A. Dorier**, transmise par M. Ch. Gravier.

Poursuivant des recherches sur les formes larvaires des Gordiacés, j'ai réussi à obtenir la larve de *Parachordodes violaceus* (Baird), qui jusqu'ici n'avait été l'objet que d'une trop brève Communication de Villot (1884).

La larve de *P. violaceus*, la plus petite des larves de Gordiacés connues, ne dépasse pas 60$^{\mu}$ de longueur. La région antérieure du corps de l'animal ou préseptum, est divisée par des sillons circulaires en treize anneaux superficiels. Elle porte en avant un appareil perforant constitué par trois couronnes de spicules, dont la disposition est identique à celle de la larve de *Gordius aquaticus* Duj., et par une trompe dévaginable munie de trois stylets chitineux dissemblables.

La région postérieure ou postseptum n'est formée que de onze anneaux parfois incomplets; sa partie terminale est ornée d'un tubercule central et de deux prolongements spiniformes latéraux mobiles. Deux courtes épines sont insérées, face ventrale, au voisinage de l'extrémité postérieure.

Cette larve présente en outre deux caractères particuliers :

1° Lorsque l'animal est en extension, on voit se manifester une dépression dorso-latérale du postseptum au niveau des 8e et 9e anneaux, conséquence de la forte différence de courbure des faces dorsale et ventrale de cette région.

2° De l'extrémité du sac intestinal renfermé dans le postseptum, part un long filament d'environ 1$^{\mu}$ d'épaisseur, tantôt lâchement pelotonné, tantôt enroulé en spire irrégulière autour du corps de la larve.

Or, ainsi que je m'en suis assuré, ce filament n'est pas visible sur les larves prêtes à éclore, encore enfermées à l'intérieur de l'œuf. D'autre part, peu après l'éclosion, toutes les larves immobiles et en vie latente sont pourvues de ce curieux filament caudal.

Les observations précédentes permettent donc de supposer que le filament est sécrété pendant le laps de temps très court qui se place entre l'éclosion et le passage de la larve à l'état de vie ralentie, et l'on ne peut s'empêcher de remarquer l'analogie que présente ce phénomène avec l'enkystement dans l'eau de la larve de *G. aquaticus* que j'ai précédemment signalé [1]. Dans les deux cas la jeune larve immédiatement après la naissance manifeste une activité sécrétoire qui se traduit chez *P. violaceus* par la formation d'un long filament caudal; chez *G. aquaticus* par une production de mucus dont la larve s'entoure avant de s'enkyster.

Le passage des larves de *P. violaceus* à l'état de vie latente est général et très rapide, si bien qu'en dehors des cas où j'ai assisté à l'éclosion, je n'ai jamais vu de larves actives sans avoir provoqué artificiellement cet état. Traitées par l'eau physiologique, ces larves en vie latente reprennent en

---

(1) *Comptes rendus*, **181**, 1925, p. 1098-1099.

quelques minutes leur activité. Elles se déplacent en faisant mouvoir leur trompe et leurs couronnes de spicules et traînent pendant un certain temps le filament caudal, qui finit par se détacher. Cette période d'activité ne dure que quelques heures. J'ai obtenu des résultats analogues avec les sucs digestifs de quelques animaux, en particulier : *Asellus aquaticus* L.; *Lithobius forficatus* L.; *Trutta iridea* Gibb.

Cette propriété m'a permis d'étudier le pouvoir de résistance des larves de *P. violaceus* exposées à l'air humide et de constater, qu'après six mois de ce traitement, 50 pour 100 des larves reprenaient leurs mouvements sous l'action de l'eau physiologique.

En résumé : 1° La larve de *Parachordodes violaceus* (Baird) possède des caractères morphologiques spécifiques, permettant aisément de la distinguer des autres larves de Gordiacés connues;

2° Elle présente la propriété de passer à l'état de vie ralentie sans enkystement, aussitôt après l'éclosion et de reprendre une vie active sous l'action de l'eau physiologique ou des sucs digestifs de certains animaux;

3° En vie latente, elle est capable de supporter un séjour de plusieurs mois à l'air humide.

Tout en reconnaissant le caractère inévitablement artificiel des conditions expérimentales, cette constatation peut cependant servir à étayer l'hypothèse d'une infection directe des Coléoptères terrestres, hôtes de *P. violaceus*.

BIOLOGIE. — *Quelques interprétations de la réduction chromatique.* Note de M. **Bunzô Hayata**, présentée par M. Blaringhem.

Les êtres organisés, pris dans un sens tout à fait général et se reproduisant au moyen d'organes sexuels, transmettent leurs vies à des descendants, en répétant l'alternance des générations à moins qu'une catastrophe quelconque ne les extermine. Voilà la définition que je propose de la vie éternelle. Cette vie habite à un moment donné un individu à phase diploïque, puis à un autre moment réside nécessairement dans un individu à phase haploïque faisant suite au précédent [1]. Ainsi, changeant tour à

---

(1) Pour plus de commodité, l'individu et la vie sont considérés ici comme choses différentes, alors que en réalité ils ne font qu'un et ne peuvent jamais être séparés en deux. Là où existe un individu la vie se manifeste nécessairement. Là où se trouve la vie nous avons invariablement un individu.

tour d'habitat, la vie éternelle suit son cours vers l'avenir sans fin. Ceci posé, je donne quelques interprétations de la réduction chromatique.

1° La réduction chromatique est une action se produisant dans le noyau d'une cellule diploïque lorsque la vie éternelle transmigre d'un individu diploïque à un individu haploïque qui lui succède. L'origine de la vie d'un individu diploïque est celle qui a existé dans les gamètes (généralement dans un spermatozoïde ou dans un œuf) de son père et de sa mère.

En recherchant ses innombrables ancêtres aussi bien du côté du père que du côté de la mère, nous remontons vers l'antiquité la plus reculée et nous sommes alors convaincus de ce fait que l'essence de cette vie a existé durant un long passé tout à fait indéfini.

Chaque individu possède un grand nombre de gènes dans le sens admis en génétique. De ce fait on peut conclure que la vie d'un individu n'est pas autre chose que les vies des gènes en lui. Les vies des gènes manifestées actuellement dans un individu sont celles qui ont existé, sous des combinaisons diverses, dans les ancêtres du même individu. Même après l'extinction (disparition) de l'individu en question, ses gènes doivent être transmis, sous quelques formes de combinaisons, à d'autres descendants provenant d'ancêtres communs, du côté du père aussi bien que du côté de la mère. Quoique nous ayons beaucoup parlé d'extinction, chacune des vies des gènes constituant la vie des individus actuels passera au cours du futur sans fin dans les vies des nombreux descendants provenant d'ancêtres communs.

2° La réduction chromatique est un phénomène qui se passe dans le noyau d'une cellule diploïque lorsque chacun des gènes contenant la vie éternelle transmigre d'un individu diploïque à un individu haploïque lui succédant. La vie éternelle peut se manifester dans deux espèces d'individus, la première se composant d'individus diploïques et la deuxième d'individus haploïques. La combinaison des gènes par laquelle la vie éternelle est manifestée comme vie dans le premier n'existe pas sous la même forme dans le dernier et même disparaît pour ainsi dire. Si nous appelons mort cette façon de disparaître, la mort est manifestée (comme vie) dans un individu haploïque succédant à un individu diploïque.

3° La réduction chromatique est une action s'opérant dans le noyau d'une cellule diploïque au moment où la vie éternelle échange sa manifestation de vie contre sa manifestation de mort. Le noumène de la vie éternelle ne peut périr. Présentant ainsi tour à tour la vie et la mort, la vie

éternelle suit son cours indéfini vers le futur sans fin. Ceci compris nous pouvons continuer.

4° Un individu en possession de la vie éternelle sollicite le changement comme toute chose dans l'univers. En conformité avec ce fait, les gènes possédés par un individu se désagrègent à un certain moment, mais se combinent de nouveau et de suite.

5° La réduction chromatique est un phénomène qui se manifeste dans le noyau diploïque au moment où la combinaison des gènes, d'abord dissoute, se reforme ensuite en deux combinaisons nouvelles comprenant seulement la moitié des gènes de la première combinaison. La vraie raison de l'existence d'un individu diploïque est la transmission de la vie à un individu haploïque dérivé, ce qui revient à dire qu'il opère la réduction chromatique.

6° La réduction chromatique est l'acte final réalisé par un individu diploïque marquant la fin de son existence. Nous-mêmes, ainsi que la plupart des organismes nous entourant, nous sommes des individus diploïques. Nous connaissons très bien les vies qui se manifestent dans les individus diploïques et nous sommes portés à ne pas remarquer celles des individus haploïques. Les individus haploïques sont généralement cachés dans les individus diploïques. La première origine de la vie dans un individu haploïque provient de la réduction chromatique.

7° Enfin et pour cela, la réduction chromatique est un phénomène réalisé dès la toute première période de la vie dans un individu haploïque arrivant à l'existence directement après un individu diploïque.

En conclusion des interprétations précédentes, nous pouvons dire que la vie éternelle est manifestée tour à tour dans des individus diploïques et haploïques, et nous pouvons affirmer catégoriquement que la vie sans fin existe nécessairement dans le monde actuel.

Remarques de M. **Blaringhem** *au sujet de la Note de* M. Bunzô Hayata.

M. Bunzô Hayata, professeur émérite de Botanique à l'Université impériale de Tokyo, est un botaniste éminent, auteur de la Flore de Formose et de nombreux travaux sur les Fougères qui l'ont fait désigner comme vice-président du Congrès international de Botanique à Cambridge (Angl.) en 1929. C'est dans le jardin qu'il dirigeait que les savants Ikeno et Hiraseton

observé les anthérozoïdes et les fécondations du *Cycas* et du *Gingko*, points de départ des notions générales acquises depuis 1900 en cytologie et en génétique.

Les conclusions présentées par M. Bunzô Hayata reposent sur une série d'interprétations fournies par l'étude des Algues, des Mousses, des Fougères et aussi des plantes supérieures présentant les phénomènes apparents ou masqués de l'alternance des générations. L'originalité des conceptions de M. Hayata consiste essentiellement en la négation de l'évolution selon le concept général admis depuis Hæckel, négation établie avec des preuves indiscutables dans le groupe des Cryptogames vasculaires. Dans la Note présentée aujourd'hui l'auteur arrive à cette conclusion, seule conséquence logique des études de génétique et de cytologie des trente dernières années, que la vie, ou mieux l'essence de l'individu, est éternelle et ne cesse que par catastrophe. « La vérité, ajoute M. Hayata et en cela je suis en complet accord avec lui, est que la vie et la mort ne signifient nullement quelque chose d'existant ou d'inexistant, mais signifient réellement quelque chose de semblable à la face et au revers d'un corps.... La vie éternelle ne doit pas manifester toujours la même vie, ni nous montrer toujours la même mort; elle coule, pour ainsi dire, dans une course sans fin montrant tour à tour la vie et la mort. »

La séance est levée à 15h35m.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 17 juillet 1933.)

Note de M. *J. Ribéreau-Gayon*, Sur la solubilité des composés cuivriques des bouilies anticryptogamiques :

Page 267, ligne 10, *au lieu de* eau de chaux, *lire* lait de chaux.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances de juin 1933.

Orchidacées (suite), par F. Gagnepain et A. Guillaumin. In *Flore générale de l'Indochine*, tome VI, fasc. 3. Paris, Masson et Cie, 1933; 1 vol. 25cm,5.

Les poissons des eaux douces de Madagascar et des îles voisines (Comores, Seychelles, Mascareignes), par Jacques Pellegrin. In *Mémoires de l'Académie malgache*, fasc. XIV. Tananarive, Imprimerie G. Pitot et Cie, 1933; 1 vol. 28cm,5.

Les variations périodiques des glaciers des Alpes suisses. LIIIe rapport (1932) rédigé par Paul-Louis Mercanton. Extrait de la Revue *Les Alpes*, n° 5, 1933; Berne, Stampfli et Cie, 1 fasc. 25cm,5.

Rapport préliminaire sur la campagne du « Pourquoi-Pas? » en 1932, par J.-B. Charcot. Extrait des *Annales hydrographiques*, 1933. Paris, Imprimerie Nationale, 1933; 1 fasc. 22cm,5.

Le cadastre et l'impôt foncier, par Th. Dreux. Paris, Librairie de l'Enseignement technique Léon Eyrolles, 1933; 1 vol. 25cm. (Présenté par M. Ch. Lallemand.)

Copépodes pélagiques, par M. Rose. In *Faune de France*, tome XXVI. Paris, Paul Lechevalier, 1933; 1 vol. 25cm,5.

Sir Prafulla chandra Rây. Seventieth Birth Day. Commemoration volume. In *Journal of the Indian Chemical* Society (Special number). Published by the Indian Chemical Society and Printed ot the Calcutta University Press, 1933; 1 vol. 26cm.

La propagation des ondes et les caustiques, par J. Hadamard. In *Commentarii Mathematici Helvetici*, vol. 5, fasc. 1 et 2. Zurich, Editi Societate mathematica Helvetica in Aedibus Orell Füssli Turigi; 1 fasc. 23cm.

Histoire technique de l'artillerie de terre en France, pendant un siècle (1816-1919), par J. Challeat. Tome premier (1876-1880). Supplément au *Mémorial de l'Artillerie française*. Paris, Imprimerie Nationale, 1933; 1 vol. 25cm,5.

La Verkaro Botanika de Seiitirô Ikeno, Arangita de Liaj Amikoj Kaj Lernantoj. Tôkyô, Syôkwabô, 1933; 1 vol. 26cm,5.

Contribution à l'étude géologique de la chaine de la Marche et du plateau d'Aigurande (Nord-Ouest du Massif central français) par Yang Kieh. In *Mémoires de la Société géologique de France*, tome VIII, fasc. 3-4, feuilles 9 à 24. Mémoire n° 19, pages 1 à 133, Pl. I à XIV. Paris, Société géologique, 1932; 1 vol. 33cm.

Apocynacées, par J. Pitard. Table. In *Flore générale de l'Indochine*, tome III, fasc. 9. Paris, Masson et Cie, 1933; 1 vol. 25cm,5.

La Malaria et les grandes cultures. Amsterdam, Amsterdamsche chininefabrick, 1929; 1 vol. 25cm.

Les coordonnées polaires tangentielles, ou coordonnées podaires, et leurs applications, par MAURICE JACOB. Extrait de la *Revue générale de l'électricité* du 1er avril 1933, tome XXXIII. Paris, *Revue générale de l'électricité*; 1 fasc. 27cm.

La végétation phanérogamique du Spitsberg, par HENRI JUMELLE. Gap, Imprimerie Louis Jean, 1933; 1 fasc. 25cm.

Œuvres de Pasteur, réunies par PASTEUR VALLÉRY-RADOT. Tome VI : *Maladies virulentes, virus, vaccins et prophylaxie de la rage*. Paris, Masson et Cie, 1933; 1 vol. 28cm,5.

Les méthodes d'études des alliages métalliques, par LÉON GUILLET. Paris, Dunod, 1933; 1 vol. 25cm.

Leçons sur les fonctions univalentes ou multivalentes professées à la Sorbonne, par PAUL MONTEL. Recueillies et rédigées par F. MARTY, avec une note de HENRI CARTAN. Paris, Gauthier-Villars, 1933; 1 vol. 25cm,5. (Présenté par M. E. Borel.).

Études des Saturnioïdes normaux. Famille des Hémileucidés, 1re Partie : *Généralités et section des Hémileucites*, par E.-L. BOUVIER. Paris, Masson et Cie, 1932; 1 fasc. 28cm,5.

Rapport général sur les nivellements de précision, exécutés pendant les six années 1924 à 1929 dans les pays adhérents à l'Union géodésique et géophysique internationale, par JEAN VIGNAL. Extraits des *Comptes rendus* (Tome VIII) *des travaux de la Section de Géodésie* au cours de la quatrième assemblée générale tenue à Stockholm, en août 1930, par l'Union géodésique et géophysique internationale. Paris, Imprimerie Reynès et Davy, 1932; 1 fasc. 29cm. (Présenté par M. Ch. Lallemand.)

Étude des Saturnioïdes normaux. Famille des Syssphingidés, par E.-L. BOUVIER. Extrait des *Mémoires de l'Académie des sciences de l'Institut de France*. 2e série, tome 60. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1931; 1 vol. 29cm.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES DE JUILLET 1933.

Les espaces métriques fondés sur la notion d'aire, par E. CARTAN. In *Actualités scientifiques et industrielles*, 72. Exposés de géométrie publiés sous la direction de E. CARTAN; 1. Paris, Hermann, 1933; 1 vol. 25cm,5.

Traité de Chimie minérale, publié sous la direction de PAUL PASCAL. Secrétaire général PAUL BAUD. Tome X. *Nickel, Chrome, Cobalt, étude générale des complexes*, par Mme R. DUVAL, Mlle S. VEIL et MM. C. EICHNER, P. JOB, V. LOMBARD. Paris, Masson et Cie, 1933; 1 vol. 25cm,5.

Une étude de chimiothérapie de la tuberculose, par S. ANSBACHER. Genève, Imprimerie Kundig, 1933; 1 vol. 24cm.

Hygiène méditerranéenne, premier congrès international. Marseille, 20-25 *septembre* 1932. *Rapports et comptes rendus*, publiés par CH. BROQUET. Paris, Librairie J.-B. Baillière et fils, 1933; 2 vol. 24cm. (Présenté par M. Roux.)

L'infection chez les Insectes, immunité et symbiose, par A. PAILLOT. Trévoux, G. Patissier, 1933; 1 vol. 24cm (Présenté par M. Roux.)

Méthodes physiques en biologie et en médecine, par P. LECOMTE DU NOÜY. Paris, Librairie J.-B. Baillière et fils, 1933; 1 vol. 20cm. (Présenté par M. Roux.)

Le métabolisme de l'azote. Dépenses, besoins, couverture, par ÉMILE-F. TERROINE. Paris, Les Presses Universitaires de France, 1933; 1 vol. 24cm,5. (Présenté par M. Lapicque.)

Théorie élémentaire des marées, par N. N. ZUBOV (en langue russe). Moscou, 1933, 1 vol. 23cm. (Présenté par M. Fichot.)

Atlas des Colonies françaises, protectorats et territoires sous mandat français, publié sous la direction de G. GRANDIDIER; *Algérie — Tunisie — Maroc*, par E.-F. GAUTIER; *Madagascar*, par G. GRANDIDIER; *La Réunion — Kerguelen — Comores — Saint-Paul — Amsterdam — Crozet*, par LOUIS-PHILIPPE MAY; *Indochine*, par E. CHASSIGNEUX. Paris, Société d'éditions géographiques, maritimes et coloniales, 1933; 3 atlas, 57cm. (Présenté par M. le général Bourgeois.)

Man rises to Parnassus. Critical Epochs in the Prehistory of Man, by HENRY FAIRFIELD OSBORN. Princeton, University Press, 1928; 1 vol. 23cm.

L'origine et l'évolution de la vie, par HENRY FAIRFIELD OSBORN. Édition française avec préface et notes par FÉLIX SARTIAUX. Paris, Masson et Cie, 1921; 1 vol. 24cm.

Histoire des études géologiques sur la Sibérie, par V. A. OBROUTCHEV (en langue russe). Leningrad, Académie des Sciences U. R. S. S., 1933; 1 vol. 26cm,5.

Verslag van der herdenking van het derde eeuwfeest van de UNIVERSITEIT VAN AMSTERDAM. Amsterdam, Stadsdrukkerij, 1933; 1 vol. 34cm,5.

(*A suivre.*)

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MERCREDI 16 AOUT 1933.

PRÉSIDENCE DE M. ÉMILE ROUX.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Secrétaire perpétuel** annonce à l'Académie que le tome 195 (juillet-décembre 1932) des *Comptes rendus* est en distribution au Secrétariat.

CORRESPONDANCE.

ALGÈBRE. — *Théorie des restes normiques dans les extensions galoisiennes.* Note (¹) de M. **Helmut Hasse**, présentée par M. Élie Cartan.

L'objet essentiel de la théorie du corps de classes local est l'étude des restes normiques d'une extension galoisienne K d'un corps de nombres algébriques k modulo une puissance d'exposant *suffisamment grand* d'un idéal premier $\mathfrak{p}$ de k. Or il est important à divers points de vue de faire aussi la théorie des restes normiques pour *n'importe quel* exposant $u \geqq 0$. Ce sont les résultats de cette théorie que nous allons exposer ici.

Désignons par $\mathfrak{P}$, $\mathfrak{P}'$, ... les divers facteurs premiers de $\mathfrak{p}$ dans K. Pour chaque $u \geqq 0$, il existe un nombre minimum v bien déterminé, $v = v(u)$, tel que, pour tout nombre A jouissant de la propriété

$$A \equiv 1 \qquad [\bmod (\mathfrak{P}\mathfrak{P}' \ldots)^v],$$

on ait

$$N(A) \equiv 1 \qquad (\bmod\, \mathfrak{p}^u)$$

(congruences au sens multiplicatif).

La fonction $v = v(u)$ se laisse représenter par une ligne brisée convexe

---

(¹) Séance du 10 juillet 1933.

dans l'intervalle $0 \leqq u < \infty$ et est donnée par la formule

$$(1) \quad \left\{ \begin{array}{l} v = v_0 + \frac{n_0}{n_0}(u_1 - u_0) + \ldots + \frac{n_0}{n_{\rho-1}}(u_\rho - u_{\rho-1}) + \frac{n_0}{n_\rho}(u - u_\rho) \text{ pour } u_\rho \leqq u \leqq u_{\rho+1} \\ \qquad (\rho = 0, \ldots, r) \end{array} \right.$$

ou encore, réciproquement, par

$$u = u_0 + \frac{n_0}{n_0}(v_1 - v_0) + \ldots + \frac{n_{\rho-1}}{n_0}(v_\rho - v_{\rho-1}) + \frac{n_\rho}{n_0}(v - v_\rho) \quad \text{pour} \quad v_\rho \leqq v \leqq v_{\rho+1}$$

Les nombres u_ρ, v_ρ, n_ρ sont déterminés par la suite des groupes de ramification de Hilbert

$$\mathfrak{G} \geqq \mathfrak{Z} \geqq \mathfrak{V}_0 > \mathfrak{V}_1 > \ldots > \mathfrak{V}_r = 1$$

($\mathfrak{Z}$: groupe de décomposition; $\mathfrak{V}_0$: groupe d'inertie considéré comme groupe de ramification d'ordre 0; $\mathfrak{V}_1, \ldots$: les autres groupes de ramification différents les uns des autres et de $\mathfrak{V}_0$). Soit

$$k \leqq Z \leqq K_0 < K_1 < \ldots < K_r = K$$

la suite correspondante des sous-corps de Kn_ρ est l'ordre de $\mathfrak{V}_\rho$; $v_{\rho+1}$ est le $(\rho+1)^{\text{ième}}$ *nombre de ramification*, c'est-à-dire le plus grand exposant tel que, pour tout automorphisme V_ρ de $\mathfrak{V}_\rho$ et pour tout entier Γ de K, on ait

$$\Gamma^{V_\rho} \equiv \Gamma \qquad (\mathrm{mod}^+ \mathfrak{P}^{v_{\rho+1}+1})$$

(congruence additive). En particulier, on a $v_{r+1} = \infty$. Pour des raisons de commodité, on pose $v_0 = -1$. Enfin les u_ρ sont des nombres, en général fractionnaires, donnés par $u_0 = -1$, $u_{r+1} = \infty$, et

$$u_\rho = u_0 + \frac{n_0}{n_0}(v_1 - v_0) + \ldots + \frac{n_{\rho-1}}{n_0}(v_\rho - v_{\rho-1}).$$

Pour démontrer que la fonction $v(u)$ définie par la formule (1) jouit de la propriété indiquée plus haut, on démontre les faits plus précis suivants, exprimés en langage de la théorie des groupes :

$$(2) \quad \left\{ \begin{array}{c} N(A_v) \leqq \alpha_u, \qquad N(A_{v+1}) \leqq \alpha_{u+1}, \\ N(A_v)\,\alpha_{u+1} = \alpha_u, \quad \text{donc } [\alpha_u : N(A_v)\,\alpha_{u+1}] = 1, \quad \text{pour } u \neq u_1, \ldots, u_r, \\ {[\alpha_u : N(A_v)\,\alpha_{u+1}]} \leqq \frac{n_{\rho-1}}{n_\rho} \quad \text{pour } u = u_\rho,\ v = v_\rho, \text{ si } u_\rho \text{ est entier } (\rho = 1, 2, \ldots, r), \end{array} \right.$$

où A_v, α_u sont les groupes des nombres A de K et α de k tels que

$$A_v \equiv 1 \quad [\mathrm{mod}(\mathfrak{P}\mathfrak{P}'\ldots)^v], \qquad \alpha_u \equiv 1 \quad (\mathrm{mod}\,\mathfrak{p}^u).$$

La démonstration se fait en ramenant d'abord l'étude de la norme d'un nombre de la forme $1+\Gamma$ à celle de traces prises depuis des sous-corps $\overline{K}$ de K de certains monomes par rapport à des conjugués de Γ, puis en étudiant ces traces au moyen de la théorie de la différente de Dedekind.

Si nous décomposons l'indice de restes normiques de K par rapport à k modulo une puissance $\mathfrak{p}^{h+1}$ d'exposant quelconque de la manière suivante :

$$[\alpha : \mathrm{N}(\mathrm{A})\alpha_{h+1}] = [\alpha : \mathrm{N}(\mathrm{A})\alpha_0] \prod_{u=0}^{h} [\mathrm{N}(\mathrm{A})\alpha_u : \mathrm{N}(\mathrm{A})\alpha_{u+1}]$$
$$= f \prod_{u=0}^{h} [\alpha_u : \alpha_u \cap \mathrm{N}(\mathrm{A})\alpha_{u+1}],$$

où

$$f = [\mathrm{K}_0 : \mathrm{Z}],$$

nous obtenons, au moyen des formules (2), le théorème suivant :

Théorème — *L'indice de restes normiques mod $\mathfrak{p}^u$ ne peut augmenter que pour les valeurs $u = u_\rho$ (quand elles sont entières); s'il change au passage par u_ρ, il se multiplie par un facteur au plus égal à $n_{\rho-1}/n_\rho$.*

En particulier, il ne dépasse jamais la limite

$$f \prod_{\rho=1}^{r} \frac{n_{\rho-1}}{n_\rho} = f n_0 = [\mathrm{K} : \mathrm{Z}]$$

et atteint sa valeur maxima au plus tard pour $u = u_r$.

Comme application à la théorie du corps de classes local, il résulte de ce théorème que l'ordre du groupe associé dans $k_\mathfrak{p}$ à $\mathrm{K}_\mathfrak{P}$ est (comme il est bien connu) au plus $f n_0 = [\mathrm{K}_\mathfrak{P} : k_\mathfrak{p}]$, et qu'en outre le conducteur de ce groupe est au plus $\mathfrak{p}^{u_r+1}$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les systèmes linéaires aux dérivées partielles du premier ordre à deux variables.* Note [1] de M. **Torsten Carleman.**

La détermination du problème de Cauchy pour le système linéaire

$$(1) \qquad \frac{\partial u_p}{\partial x} + \sum_{q=1}^{n} a_{p,q}(x, y) \frac{\partial u_q}{\partial y} = \sum_{q=1}^{n} b_{p,q}(x, y) u_q \qquad (p = 1, 2, \ldots, n)$$

---

[1] Séance du 31 juillet 1933.

a été démontrée d'une manière entièrement générale par M. Holmgren (*Översigt av Kungl. Vetenskapsakademiens Förhandl*, 9 janvier 1901, p. 91-103. Voir aussi Hadamard, *Propagation des ondes*, p. 348), dans le cas où les coefficients sont analytiques. M. Holmgren a aussi traité la même question pour les systèmes à coefficients non analytiques en supposant que les caractéristiques soient réelles et distinctes [1]. Il semble que l'unicité de la solution du problème de Cauchy pour les systèmes du type elliptique (ou mixte) à coefficients non analytiques n'a pas encore été l'objet de recherches générales.

Considérons d'abord le système

$$\frac{\partial u}{\partial x}-\frac{\partial v}{\partial y}=\alpha u+\beta v,\qquad \frac{\partial u}{\partial y}+\frac{\partial v}{\partial x}=\gamma u+\delta v, \tag{2}$$

où α, β, γ, δ sont des fonctions continues définies dans un domaine connexe D.

Nous dirons que deux fonctions u, v forment un système de solutions de (2) dans D si les conditions suivantes sont remplies :

1° u, v sont continues dans D;

2° $\partial u/\partial x$, $\partial u/\partial y$, $\partial v/\partial x$, $\partial v/\partial y$ existent et sont continues dans D sauf sur un nombre fini de courbes rectifiables L;

3° $\partial u/\partial x$, $\partial u/\partial y$, $\partial v/\partial x$, $\partial v/\partial y$ sont bornées dans D — L;

4° Le système u, v satisfait à (2) dans D — L. Cela posé, nous pouvons démontrer le théorème suivant qui contient la détermination du problème de Cauchy comme cas particulier : *Chaque système de solutions de* (2) *qui s'annule d'ordre infini en un point* P *de* D *est identiquement nul.* Prenons P comme origine des coordonnées et désignons par E un cercle de rayon R autour de P situé dans D. En posant $u+iv=f$, $u-iv=\bar{f}$, nous pouvons réunir les équations (2) en une seule

$$\frac{\partial f}{\partial x}+i\frac{\partial f}{\partial y}=af+b\bar{f},$$

où a et b sont certaines fonctions complexes continues. Posons $z=x+iy$ et désignons par C la circonférence de rayon R autour de l'origine. Considérons les fonctions $f_n(z)=f(z)/z^n$ $(n=1, 2, \ldots)$, $f_n(z)$ satisfait à l'équation différentielle

$$\frac{\partial f_n}{\partial x}+i\frac{\partial f_n}{\partial y}=af_n+b\left(\frac{\bar{z}}{z}\right)^n\bar{f}_n.$$

---

[1] *Arkiv för Matematik, Astronomi och Fysik*, 1904, 1908 et 1910.

En multipliant par $1/z-\zeta$ et en intégrant sur $\mathcal{E}$, on obtient

$$(3)\qquad f_n(\zeta)=\frac{1}{2\pi i}\int_{\mathcal{C}}\frac{f_n(z)}{z-\zeta}\,dz-\frac{1}{2\pi}\int\int_{\mathcal{E}}\left[af_n+b\left(\frac{\bar{z}}{z}\right)^n\bar{f}_n\right]\frac{1}{z-\zeta}\,dx\,dy$$

pour $|\zeta|<\mathrm{R}$. On a

$$\frac{1}{2\pi}\int\int_{\mathcal{E}}\frac{1}{|z-\zeta|}\,dx\,dy\leqq 2\mathrm{R}.$$

Si K est la borne supérieure de $|a|$ et de $|b|$ dans D, on déduit de (3), par une intégration par rapport à ζ,

$$\int\int_{\mathcal{E}}|f_n(z)|\,dx\,dy\leqq 2\mathrm{R}\int_{\mathcal{C}}|f_n(z)|\,|dz|+4\mathrm{KR}\int\int_{\mathcal{E}}|f_n(z)|\,dx\,dy.$$

En supposant $\mathrm{R}<1/4\mathrm{K}$, il s'ensuit

$$(4)\qquad \int\int_{\mathcal{E}}\left|\frac{f(z)}{z^n}\right|dx\,dy\leqq\frac{2\mathrm{R}}{1-4\mathrm{KR}}\,\frac{1}{\mathrm{R}^n}\int_{\mathcal{C}}|f(z)|\,|dz|.$$

Si f est $\neq 0$ en un point à l'intérieur de E à distance ρ de l'origine, il existe une constante k telle que le premier membre de (4) soit $>k/\rho^n$, ce qui conduit à une contradiction. Il faut donc que f soit égale à zéro pour $|z|<1/4\mathrm{K}$. En appliquant un procédé de continuation bien connu, on en déduit $f(z)=0$ partout dans D (C. Q. F. D.). Par une méthode analogue on démontre : *Les zéros de la fonction $u+iv$, où u, v est un système de solutions de* (2), *n'admettent pas de point limite à l'intérieur de* D.

Les résultats que nous venons d'obtenir sont suffisants pour démontrer la détermination du problème de Cauchy pour les équations non linéaires $\mathrm{F}(r, s, t, p, q, z, x, y)=0$ du type elliptique (voir HADAMARD, *Propagation des ondes*, p. 353) au moins si l'on suppose que les dérivées du troisième ordre de z soient continues [1]. Pour les équations analytiques, ce résultat est déjà acquis par les travaux de M. S. Bernstein et de M. H. Lewy. Nous pouvons aussi obtenir une nouvelle méthode pour la démonstration du théorème de Picard-Hilbert sur l'analyticité des solutions des équations elliptiques. Ajoutons le théorème suivant :

Deux surfaces intégrales d'une équation elliptique

$$\mathrm{F}(r, s, t, p, q, z, x, y)=0,$$

---

[1] Il faut aussi supposer que certaines dérivées partielles de F existent et soient continues.

pour lesquelles les dérivées du troisième ordre sont continues dans un domaine D, *ne peuvent avoir une infinité de points de contact dans* D *sans coïncider partout.*

Par une modification de la méthode utilisée dans cette Note, nous avons aussi traité la détermination du problème de Cauchy pour le système général (1) à coefficients non analytiques.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la géométrie de l'holospace des fonctions holomorphes dans un même domaine et sur ses liens avec la théorie des équations différentielles ordinaires.* Note (1) de M. **Silvio Minetti**, transmise par M. Émile Borel.

La conception fondamentale concernant la nature géométrique de l'espace (F) (2), c'est de le considérer à une infinité continue de dimensions. On pense d'ailleurs que le repère de cet espace est constitué d'une infinité continue d'axes cartésiens en correspondance homéomorphe et ordonnée avec les points d'un segment de longueur 4π obtenu en reportant consécutivement deux fois le segment $\overline{0\,2\pi}$ sur un axe réel quelconque. Si alors $f = P_f + iQ_f$ est un point de l'espace (F), au point d'abscisse θ, $0 \leqq \theta \leqq 2\pi$, du segment $\overline{O4\pi}$ on pense attachée la valeur $P_f(\theta)$, tandis qu'au point d'abscisse $2\pi + \theta$ on pense attachée la valeur $Q_f(\theta)$. C'est ainsi que la chaîne des valeurs $P_f(\theta)$ et $Q_f(\theta)$ représente l'ensemble des coordonnées du point $f = P_f + iQ_f$ de (F). Je vais maintenant remarquer que jusqu'ici lorsque l'on considérait des variétés d'un espace fonctionnel quelconque, prenons pour exemple les variétés linéaires, on se bornait à en donner l'*équation paramétrique*, à savoir

$$f = f_0 + \lambda_1 f_1 + \lambda_2 f_2 + \ldots + \lambda_n f_n$$

avec $f_0, f_1, f_2, \ldots, f_n$ points, pour exemple de (F).

Je vais au contraire me préoccuper du transport, pour certains holospaces tels que (F), du concept d'*équation* non paramétrique, d'une variété. A ce but, et en se bornant à considérer, pour plus de simplicité, une ligne de (F), représentée donc par une

$$f(z \mid \lambda) = P_f(\rho, \theta \mid \lambda) + iQ_f(\rho, \theta \mid \lambda)$$

(1) Séance du 31 juillet 1933.

(2) Les notations sont celles de ma Note des *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 221.

avec $z = \rho e^{i\theta}$ et λ paramètre réel, je remarque tout d'abord qu'il suffit de se préoccuper séparément de la partie réelle $P_f(\theta|\lambda)$ et de la partie imaginaire $Q_f(\theta|\lambda)$ de f sur la frontière de (D). Alors fixant notre attention sur une valeur quelconque du paramètre λ et posant

$$(1) \qquad \begin{cases} x(\theta) = P_f(\theta|\lambda) \qquad (0 \leqq \theta < 2\pi), \\ x(\theta + d\theta) = P_f(\theta + d\theta|\lambda) \end{cases}$$

$x(\theta + d\theta)$ représentera suivant notre conception la coordonnée infiniment voisine de $x(\theta)$. Pour obtenir alors l'*équation* de la ligne considérée il suffira, selon ce que l'on fait dans l'espace euclidien ordinaire, d'éliminer le paramètre λ entre les deux relations (1). On parvient ainsi à une relation de la forme

$$\frac{dx}{d\theta} = \varphi\big[\theta|f[\theta|x(\theta)]\big],$$

c'est-à-dire à une équation différentielle du premier ordre par rapport à $x(\theta)$. Donc si $P_f(\theta|\lambda)$ et $Q_f(\theta|\lambda)$ sont l'une et l'autre les intégrales générales de deux équations différentielles du premier ordre l'ensemble de ces deux équations différentielles sera l'*équation* de la ligne considérée (¹), tandis que pour éviter toute ambiguïté j'appellerai la

$$f(z|\lambda) = P_f(\rho, \theta|\lambda) + iQ_f(\rho, \theta|\lambda)$$

son *image fractionnelle*. On démontre alors que si en conséquence de notre définition de distance, la ligne envisagée est une ligne *géodésique*, et seulement dans ce cas, les équations différentielles auxquelles satisfont les $P_f(\theta|\lambda)$ et $Q_f(\theta|\lambda)$ sont *linéaires*, et que, en conséquence, est aussi *linéaire* l'image fonctionnelle de la ligne en question.

De même pour les variétés d'ordre supérieur.

Cela posé il est clair qu'à l'aide de nos nouvelles conceptions on va obtenir des liens inattendus et très étroits entre la géométrie de certains espaces fonctionnels et la théorie des équations différentielles ordinaires et que toute propriété géométrique de ces espaces se traduit dans une propriété correspondante concernant les équations différentielles. On peut dire aussi que ces dernières équations ont trouvé leur siège géométrique

(¹) Il est essentiel de remarquer que l'équation d'une ligne peut être aussi donnée par une seule équation différentielle dans la $x(\theta)$, et une arbitraire fonction du paramètre λ. Cela tient au fait qu'une fonction holomorphe dans l'intérieur de (D) et continue sur sa frontière reste aussi déterminée par les valeurs $P_f(\theta)$ et par la valeur que sa partie imaginaire $Q_f(\rho, \theta)$ acquiert à l'origine.

naturel, dans certains espaces fonctionnels. On pourra ainsi esquisser dans l'Analyse une nouvelle théorie. Toutefois je me borne ici à remarquer comment dès à présent va se manifester, parmi les équations différentielles, une distinction bien analogue à celle qui fait classer les équations en termes finis comme équations algébriques ou transcendantes, suivant que la variété représentée par une équation différentielle donnée est plongée ou non dans un espace linéaire de l'holospace que l'on considère. Dans le premier cas je dirai que l'équation différentielle envisagée est *pseudo-linéaire*, dans le deuxième cas qu'elle est *transcendante*.

Il me reste à établir les conditions nécessaires et suffisantes pour la pseudo-linéarité d'une équation différentielle donnée.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur quelques propriétés d'une fonction à partie réelle positive.* Note (¹) de M. **F. de Kok**, transmise par M. Émile Borel.

Soit $f(z)=f(x+iy)=u(z)+iv(z)$ holomorphe et à partie réelle $u(z)$ positive dans le demi-plan $D(x>0)$. On sait que, pour chaque point z de D,

$$f(z)=\frac{1}{\pi}\int_{-\infty}^{\infty}\left(\frac{1}{z-ti}+\frac{1}{1+ti}\right)d\varphi(t)+\lambda z+\mu,$$

où $\varphi(t)$ est une fonction non décroissante (²).

Nous allons démontrer les théorèmes suivants :

I. *En chaque point αi de l'axe imaginaire la limite*

$$\lim_{z\to\alpha i}(z-\alpha i)f(z)=\mu(\alpha),\qquad |\arg(z-\alpha i)|<a<\frac{\pi}{2},\qquad a \text{ fixe},$$

existe et cette limite $\mu(\alpha)$ est égale à zéro si α est un point de continuité de $\varphi(t)$ et positive si α est un point de discontinuité de $\varphi(t)$.

II. *En chaque point α de la pleine épaisseur* $E(\alpha)$, *où la dérivée finie $\varphi'(\alpha)$ existe, nous avons*

$$f(z)=O\left(\log\frac{1}{x}\right)\quad \text{pour } z\to\alpha i,\qquad |\arg(z-\alpha i)|<a<\frac{\pi}{2},\quad a \text{ fixe}.$$

(¹) Séance du 7 août 1933.

(²) J. Wolff et F. de Kok, *Bull. de la Soc. math. de France*, 60, III-IV, 1932, p. 225.

Soient α un point de discontinuité de $\varphi(t)$ et A le saut de $\varphi(t)$ au point α. On a

$$\varphi(\alpha) = \frac{1}{2}\{\varphi(\alpha+0)+\varphi(\alpha-0)\} \quad (^1), \qquad A = \varphi(\alpha+0)-\varphi(\alpha-0).$$

Posons

$$\varphi_1(t) = \varphi(t) + \frac{A}{2}, \qquad -\infty < t < \alpha;$$
$$\varphi_1(\alpha) = \varphi(\alpha), \qquad \varphi_1(t) = \varphi(t) - \frac{A}{2}, \qquad \alpha < t < \infty.$$

On voit sans peine que

$$f(z) = \frac{A}{\pi}\left(\frac{1}{z-\alpha i}+\frac{1}{1+\alpha i}\right) + \frac{1}{\pi}\int_{-\infty}^{\infty}\left(\frac{1}{z-ti}+\frac{1}{1+ti}\right)d\varphi_1 + \lambda z + \mu,$$

donc

$$(z-\alpha i)f(z) = \frac{A}{\pi} + \frac{z-\alpha i}{\pi}\int_{-\infty}^{\infty}\left(\frac{1}{z-ti}+\frac{1}{1+ti}\right)d\varphi_1 + O(z-\alpha i).$$

Étant choisi un nombre $\varepsilon > 0$, déterminons h tel que

$$|\varphi_1(t)-\varphi_1(\alpha)| < \varepsilon \quad \text{pour} \quad |t-\alpha| \leq h.$$

Pour $|\arg(z-\alpha i)| < a < \pi/2$, $0 < x < \cos a$, on a

$$(1) \qquad \left|\int_{|t-\alpha|>h}\left(\frac{1}{z-ti}+\frac{1}{1+ti}\right)d\varphi_1\right| \leq \int_{|t-\alpha|>h}\frac{2\,d\varphi_1}{\cos\alpha\,|t-\alpha|\sqrt{1+t^2}} < \infty,$$

car pour $|t-\alpha| > h : |t-\alpha| > m\sqrt{1+t^2}$, $m > 0$ et

$$\int_{-\infty}^{\infty}\frac{d\varphi_1}{1+t^2} < \int_{-\infty}^{\infty}\frac{d\varphi}{1+t^2} < \infty \quad (^2).$$

De plus,

$$(2) \qquad \left|(z-\alpha i)\int_{\alpha-h}^{\alpha+h}\left(\frac{1}{z-ti}+\frac{1}{1-ti}\right)d\varphi_1\right| < \varepsilon\left(\frac{1}{x}+1\right)|z-\alpha i| < \frac{2\varepsilon}{\cos a}.$$

Les inégalités (1) et (2) démontrent le théorème I.

Sans nuire à la généralité nous admettrons que $\alpha = 0$ appartient à $E(\alpha)$ et que $\varphi(0) = 0$. Pour $|\arg z| < a < \pi/2$, $0 < x < \cos a$, on a les inégalités

$$\left|\int_{|t|>1}\left(\frac{1}{z-ti}+\frac{1}{1+ti}\right)d\varphi\right| < \frac{2}{\cos a}\int_{|t|>1}\frac{d\varphi}{t^2} < \infty,$$

$$\left|\int_{-1}^{+1}\frac{d\varphi}{1+ti}\right| < \varphi(+1)-\varphi(-1); \qquad \left|\int_{-x}^{x}\frac{d\varphi}{z-ti}\right| \leq \frac{\varphi(x)-\varphi(-x)}{x} = 2\varphi'(0)+o(1).$$

---

(1) *Loc. cit.*, p. 222.
(2) *Loc. cit.*, p. 223.

Enfin l'intégration par partie donne

$$\int_x^1 \frac{d\varphi}{z-it} = \frac{\varphi(1)}{z-i} - \frac{\varphi(x)}{z-ix} - \int_x^1 \frac{i\varphi\,dt}{(z-ti)^2} = O\left(\log\frac{1}{x}\right) - \int_x^1 \frac{i\varphi\,dt}{(z-ti)^2}.$$

La valeur absolue de cette dernière intégrale est au plus égale à

$$\mathrm{M}\int_x^1 \frac{t\,dt}{x^2+(y-t)^2} = \mathrm{M}\frac{y}{x}\left\{\operatorname{bg\,tang}\frac{y-x}{x} - \operatorname{bg\,tang}\frac{y-1}{x}\right\} + \frac{\mathrm{M}}{2}\log\frac{x^2+(y-1)^2}{x^2+(y-x)^2} = O\left(\log\frac{1}{x}\right)$$

en vertu de $|\varphi| < \mathrm{M}|t|$, $t \neq 0$, $\mathrm{M} < \infty$ et $|\arg z| < a < \pi/2$.

De même,

$$\int_{-1}^{-x} \frac{d\varphi}{z-it} = O\left(\log\frac{1}{x}\right),$$

et le théorème II est démontré.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Sur un régime anormal de fonctionnement des moteurs à combustion interne*. Note [1] de M. **Tchang Te-Lou**, transmise par M. E. Jouguet.

Dans une Note récente, M. Serruys [2] a observé que l'allumage par point chaud pouvait donner dans certains cas un fonctionnement parfaitement stable du moteur, caractérisé par une grande régularité du diagramme.

La présente Note a pour objet de signaler un régime particulier de fonctionnement dans lequel l'allumage par point chaud, qui se produit plus tôt que l'allumage électrique réglé, se substitue de temps à autre à ce dernier. Le moteur a une marche apparemment stable mais la valeur de l'avance ne peut pas être considérée comme étant celle donnée à la magnéto. La connaissance de ce phénomène a un intérêt marqué pour l'interprétation de ceux des essais de précision qui requièrent une définition rigoureuse de l'avance.

Les expériences qui ont donné lieu à ces observations ont été faites au cours d'études poursuivies pour le Service des Recherches de l'Aéronau-

---

(1) Séance du 7 août 1933.

(2) *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 224.

tique à l'aide d'un petit moteur de 6 CV à faible taux de compression (4,02).

Ce moteur fonctionnant au régime de 1000 tours par minute pour l'étude de la puissance en fonction de l'avance à l'allumage, on observe d'abord, aux avances nulles, une légère instabilité du couple moteur, mais elle disparaît lorsque l'on augmente progressivement l'avance et l'on obtient une courbe parfaitement régulière représentant la puissance en fonction de l'avance, comme le montre la figure 1.

L'essai ainsi envisagé ne permet de soupçonner aucune anomalie et l'on

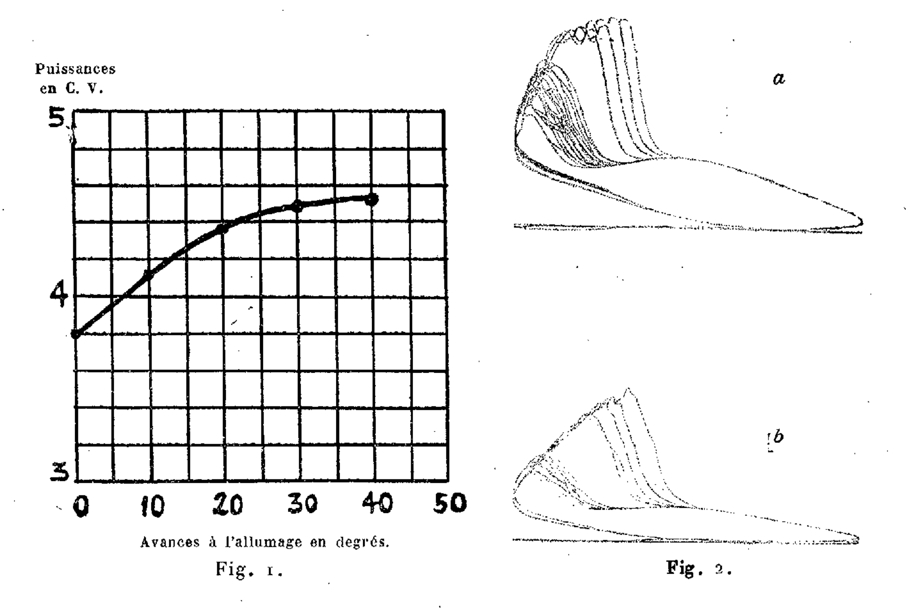


Fig. 1. Fig. 2.

serait tenté de prendre pour valable la relation entre la puissance et l'avance que donne cette courbe.

Mais il n'en est plus de même si l'on a soin de relever pendant l'essai une série de diagrammes d'indicateur. La figure 2 fournit un exemple de tels diagrammes décalés à 90° : ils ont été relevés à l'aide d'un indicateur à piston à ressort-tige Maihak en inscrivant de nombreux tracés sur un même papier. L'avance à l'allumage était de 10° pour la figure *a* et zéro pour la figure *b* et la température de l'eau de circulation restait maintenue à 49° en moyenne pour réduire la température du moteur. On voit que les tracés se répartissent en deux groupes mettant en évidence deux modes de fonctionnement du moteur se succédant assez rapidement pour que l'inertie du volant et du frein ne permette pas de les déceler. L'examen des tracés

démontre d'ailleurs que l'un des modes de fonctionnement correspond à l'allumage normal par l'étincelle de la magnéto et le second à un allumage par point chaud intervenant plus tôt. En considérant la durée d'amorçage comme constante (¹) il correspondait à un accroissement de l'avance de 20° environ. Cette association des deux régimes de fonctionnement donne d'ailleurs une marche du moteur très stable.

Il y aurait visiblement erreur à considérer cette marche du moteur comme se poursuivant sous l'action de l'avance à l'allumage que l'on a réglée.

Reste à expliquer le phénomène. S'il arrive que le moteur ait tendance à chauffer, comme cela a lieu par exemple lorsqu'il fonctionne avec une avance à l'allumage insuffisante, l'échauffement du moteur peut produire un point chaud; celui-ci formé, l'allumage par point chaud se produit et, plus hâtif que l'allumage normal, il améliore le fonctionnement du moteur; ce dernier se refroidit jusqu'à ce que la température du point chaud ne soit plus suffisante pour provoquer l'inflammation du combustible: à ce moment l'allumage par l'étincelle de la magnéto reprend et les phénomènes qui ont donné lieu à la production du point chaud recommencent.

Ces phénomènes s'observent surtout avec les moteurs à faible taux de compression mal refroidis.

On voit, par l'observation de cet état de fonctionnement avec allumage mixte, l'intérêt que présente l'emploi continu d'un indicateur comme instrument de surveillance. Il peut mettre sur la trace d'anomalies de fonctionnement et le plus souvent il suffit pour cela d'un appareil de qualité moyenne facile à manipuler.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Le pouvoir inducteur spécifique et l'eau de cristallisation des aluns.* Note [2] de MM. **Errera** et **H. Brasseur**, transmise par M. J. Perrin.

Dans des travaux antérieurs [3], nous avons montré, par l'étude de différents cristaux contenant de l'eau de cristallisation, que le pouvoir inducteur spécifique varie suivant la direction que l'on considère dans le

(¹) Voir *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 39.

(²) Séance du 31 juillet 1933.

(³) J. Errera, *Phys. Zeits.*, 32, 1931, p. 369; J. Errera et H. Brasseur, *Phys. Zeits.*, 34, 1933, p. 368.

cristal et présente une dispersion que nous attribuions à l'eau de cristallisation. En particulier, la platinocyanure de magnésium à sept molécules d'eau, qui cristallise dans le système quadratique, présente suivant l'axe d'ordre 4 une constante diélectrique nettement plus élevée que dans toutes les directions perpendiculaires; d'autre part, on observe suivant cet axe une dispersion de la constante diélectrique qui n'existe pas pour les directions perpendiculaires. Ceci montre qu'il y a une relation entre le pouvoir inducteur spécifique et sa dispersion, d'une part, et la manière dont l'eau de cristallisation est liée dans le cristal, d'autre part, et suggère la possibilité de préciser par cette méthode les positions des molécules d'eau de cristallisation.

Nous avons étendu nos recherches à deux familles d'aluns, cristaux isomorphes contenant 12 molécules d'eau de cristallisation et différant par la nature des atomes métalliques. Les pouvoirs inducteurs spécifiques ont été mesurés par la méthode d'immersion sur des plaques cristallines et sur les mêmes corps à l'état de poudre; à l'état de plaques, le pouvoir inducteur spécifique est parfois un peu plus faible, ce qui provient de l'air occlu dans les cristaux à l'état de plaques. L'alun de fer n'a pu être mesuré à l'état de poudre parce qu'il devient conducteur dès qu'on le broie : le faible travail que comporte cette opération suffit à libérer une partie de l'eau de cristallisation. Nous verrons d'ailleurs plus loin que c'est pour ce cristal que l'eau est la plus faiblement liée.

Nous donnons ci-dessous nos résultats pour les deux familles d'aluns que nous avons étudiées.

Formule.		Pouvoir inducteur spécifique.	Volume atomique.	Température de fusion en degrés C.
$CSAl(SO^4)^2.12H^2O$		5,2	70,4	122
Rb	»	5,7	56,2	109
NH^4	»	6,0	»	95
K	»	6,6	45,3	91
Tl	»	7,1	17,2	91
$AlNH^4(SO^4)^2.12H^2O$		6,0	10,2	95
Cr	»	7,0	7,7	94
Fe	»	7,9	7,1	41

Remarquons d'abord que ces corps, qui cristallisent dans le système cubique, ont un pouvoir inducteur spécifique faible malgré le grand nombre de molécules d'eau de cristallisation. Le grand nombre de molé-

cules d'eau explique, dans une certaine mesure, que la plupart des aluns ont la même structure qui est la plus symétrique.

D'après nos mesures, les aluns étudiés ne présentent pas, à température ordinaire, de dispersion du pouvoir inducteur spécifique entre 8^m et 400^m, sauf l'alun ferrique qui est d'ailleurs le plus instable. Nous avons classé les aluns en fonction de volume atomique et nous voyons que le pouvoir inducteur spécifique est le plus grand lorsque le volume atomique est le plus petit. On sait (1) que c'est lorsque le volume atomique est le plus petit que la stabilité est la plus faible et, à température égale, la tension de vapeur la plus forte, ce qui correspond au départ le plus facile de l'eau. La quatrième colonne du tableau indique les températures auxquelles les aluns fondent dans leur eau de cristallisation qui est aussi une conséquence du même phénomène. Le pouvoir inducteur spécifique est donc le plus grand lorsque la tension de vapeur est la plus forte et c'est pour le volume atomique le plus petit (Fe) que nous observons seulement le phénomène de dispersion qui correspond à des molécules d'eau faiblement liées ainsi que nous l'avons montré précédemment.

Nous avons étudié l'influence de la température entre 20° et le voisinage du point de fusion pour les aluns de Cr et d'Al à des longueurs d'onde de 57 et 2000 mètres. Le pouvoir inducteur spécifique augmente légèrement avec l'augmentation de température et il augmente plus pour les grandes longueurs d'onde. Au voisinage du point de fusion, le cristal commence à fondre dans son eau de cristallisation; la conductibilité devient trop forte et empêche les mesures.

Nous voyons que pour les aluns étudiés, la mesure du pouvoir inducteur spécifique est en même temps une mesure de la force avec laquelle l'eau de cristallisation est retenue par le solide. C'est une analyse physicochimique par la méthode diélectrique; le pouvoir inducteur spécifique est d'autant plus élevé que l'énergie de liaison de l'eau de cristallisation est plus faible.

Le parallélisme entre le volume atomique du métal et la constante diélectrique du cristal suggère la possibilité que les atomes métalliques y soient à l'état d'atomes neutres plutôt qu'à l'état d'ions.

---

(1) Fr. Ephraïm, *Anorganische Chemie*, Dresde, 4e édition, 1929, p. 490.

CHIMIE MOLÉCULAIRE. — *Sur l'association de quelques dérivés de l'acide salicylique et sur la déformation de leurs molécules, déduites des mesures de la polarisation moléculaire diélectrique.* Note (¹) de MM. **Constantin Hrynakowski** et **Casimir Kalinowski**, présentée par M. C. Matignon.

Pour déterminer l'association de quelques dérivés de l'acide salicylique en fonction de l'introduction des groupes méthylique, éthylique et phénylique, on a mesuré la polarisation diélectrique en faisant varier la concentration. Comme solvant, on a choisi une substance non dipolaire, le benzène. Pour représenter exactement les relations ayant lieu dans chaque système, on a pris des concentrations variant de 10 pour 100.

On a étudié trois systèmes à 40°, 2 C. et l'un d'eux à 13°, 2 C.

1. Les substances en question sont dipolaires; leurs moments sont :

Substance.	Degré d'association.	Moment dipolaire.
Salicylate de phényle	71,56 %	$3,15.10^{-18}$ E.S.
Salicylate d'éthyle	62,37	2,88 »
Salicylate de méthyle (tempér. 40°, 2 C.)	51,70	2,41 »
Salicylate de méthyle (tempér. 13°, 2 C.)	55,86	2,41 »

2. La polarisation variant avec la concentration, il en résulte qu'il y a association de toutes les substances en question.

3. On a admis qu'il y a polarisation simple; les moments électriques de deux dipôles associés sont donc nuls.

4. On a constaté que les groupes introduits influent considérablement sur le degré de l'association, le groupe phénylique plus que le groupe méthylique.

5. En considérant les moments dipolaires trouvés et en admettant que les groupes éthylique et méthylique, de même caractère, ont une influence égale sur la grandeur de la charge du dipôle, on arrive, par comparaison des moments dipolaires des salicylates de méthyle et d'éthyle, à la conclusion que le moment plus grand du salicylate d'éthyle est dû à l'allongement de la molécule. Cette augmentation de moment, dans ce cas plus considé-

---

(¹) Séance du 10 juillet 1933.

rable que d'ordinaire en passant des dérivés méthyliques aux dérivés éthyliques, peut être expliquée par la déformation des molécules, provoquée par la présence du groupe OH en position ortho.

6. Pour le système salicylate de méthyle-benzène, le degré d'association est plus grand à 13°,2C. qu'à 40°,2C.

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Sur les appareils respiratoires à peroxydes alcalins (Oxylithes)*. Note (1) de M. **George F. Jaubert**, présentée par M. Matignon.

Les questions concernant le danger aérien étant à l'ordre du jour, celles qui se rapportent aux appareils respiratoires à peroxydes alcalins (Oxylithes) ont retrouvé l'intérêt qu'elles ont déjà présenté à une autre époque.

J'ai montré (2) que lorsqu'on fait traverser l'air vicié par la respiration, tel qu'il sort des poumons, c'est-à-dire chaud et saturé de vapeur d'eau, au travers d'une couche de certains peroxydes alcalins granulés, cet air vicié est complètement régénéré *à sec* et cela par une seule opération qui élimine l'acide carbonique, met en liberté la quantité correspondante d'oxygène et détruit complètement les toxines par oxydation. Cet air peut continuer alors à entretenir la respiration, c'est ce que j'ai dénommé de l'air artificiel.

Le procédé en question s'est répandu en France et à l'étranger, et il a reçu des applications diverses, notamment pour les appareils respiratoires individuels ou collectifs, ainsi que dans les sous-marins. Il me paraît donc utile de résumer l'état actuel de nos connaissances sur les peroxydes alcalins qui peuvent être utilisés dans ce but.

Le tableau ci-après donne les caractéristiques principales des produits que j'ai plus particulièrement étudiés, et dont plusieurs sont fabriqués en grand par l'industrie française.

---

(1) Séance du 31 juillet 1933.

(2) *Comptes rendus*, 150, 1910, p. 1574 (Pli cacheté n° 6007, accepté le 2 mai 1898 et ouvert dans la séance du 13 juin 1910).

Nom du produit.	Formule.	Poids moléculaire.	Dégagement d'oxygène : en poids.	en %.	en volume (¹).
Peroxyde de sodium activé (Oxylithe S)..........	Na^2O^2	78	g 16	20,5	l 143,4
Trioxyde de potassium et de sodium (Oxylithe PS)..................	$KNaO^3$	110	32	29,1	203
Pentoxyde de potassium et de sodium (Oxylithe PPS)................	K^2NaO^5	181	56	31,0	216
Tétroxyde de potassium ..	K^2O^4	142	48	33,8	236
Peroxyde de lithium.....	Li^2O^2	46	16	34,7	242

Si j'ai fait figurer dans ce tableau les caractéristiques concernant le peroxyde de lithium, c'est simplement pour montrer que même si ce produit était fabriqué par l'industrie (et il en est de même pour le tétroxyde de potassium), il ne présenterait pas un avantage très marqué sur les produits dont on dispose déjà avec les Oxylithes.

A ce propos, il est utile de relever une erreur que commettent presque tous les manuels d'enseignement, c'est de confondre dans une même et unique substance oxylithe et peroxyde de sodium. Pour que le peroxyde de sodium réagisse et devienne de l'oxylithe S, il faut lui mélanger intimement un catalyseur (qui est en général un sel de cuivre, de nickel, de manganèse, etc.), puis le mouler ensuite à très haute pression, en forme de pains. Alors seulement il dégage de l'oxygène en présence d'eau froide, autrement il s'y dissout simplement, en donnant une solution de l'hydrate $Na^2O^2 + 8H^2O$, dont j'ai eu l'honneur d'entretenir antérieurement l'Académie (²).

C'est l'Oxylithe PPS, produit qui répond sensiblement à la formule d'un pentoxyde de potassium et de sodium : K^2NaO^5, qui est le seul

(¹) Gaz mesuré sec, à 0° C., et 760^{mm} de mercure, et pour 1^{kg} de chacun des produits. A titre de comparaison, il est intéressant de noter que les petites bouteilles extra-légères utilisées dans les appareils respiratoires ne donnent que 50^{l} d'oxygène par kilogramme de bouteille, poids auquel il faut encore ajouter celui de la cartouche de soude ou de potasse caustiques granulées.

(²) GEORGE F. JAUBERT, *Comptes rendus*, 132, 1901, p. 86.

employé pour les appareils respiratoires, non seulement du fait de sa haute teneur en oxygène libérable, mais également à cause de sa contexture physique, qui permet au courant d'air vicié à régénérer, de le traverser facilement, même en couches épaisses.

Les avantages que présentent les appareils respiratoires à peroxydes, sur ceux qui emploient une bouteille d'oxygène comprimé et une cartouche de soude ou de potasse caustiques granulées, sont avant tout leur grande légèreté, et la conservation indéfinie que présentent les cartouches de peroxydes anhydres. On peut en effet les accumuler, sans crainte de les voir se détériorer, ce qui n'est pas le cas pour certains peroxydes hydratés, qui ont été préconisés à l'étranger dans le même but.

Il est superflu de dire que les peroxydes anhydres (Oxylithes), sont totalement incombustibles, mais ils sont de puissants oxydants, et l'on doit prendre la précaution de ne jamais les mettre en contact avec des substances facilement inflammables, telles que du bois, du papier, des étoffes, du fil de fer fin, etc.

GÉOLOGIE. — *La subdivision de la Zone du Flysch au Sud de la Maurienne.* Note (¹) de M. **D. Schneegans**, transmise par M. Ch. Jacob.

La Zone du Flysch, dite aussi Zone de l'Embrunais et Zone des Aiguilles d'Arves, a été considérée, surtout à la suite des travaux de J. Boussac, comme une nappe *continue*, se présentant sur toute la longueur de l'*arc alpin* comme un liséré plus ou moins large de Flysch, recouvert à l'Est par la Nappe du Briançonnais et chevauchant à l'Ouest la Zone alpine externe. Mes observations détaillées dans le Massif du Galibier et dans l'Embrunais me portent à penser que cette continuité n'est qu'apparente.

Pour ses beaux essais cartographiques sur la distribution du Flysch, J. Boussac avait accepté, en général sans réserves, les unités distinguées par E. Haug, W. Kilian et P. Termier dans les zones internes. Or la stratigraphie, en particulier celle des terrains secondaires, y était alors à ses débuts; et ainsi J. Boussac a rencontré, pour son analyse du Flysch, des difficultés qui disparaissent aujourd'hui avec un état plus avancé de la question.

(¹) Séance du 7 août 1933.

Durant les temps secondaires, la sédimentation s'est effectuée suivant de grandes bandes longitudinales, parallèles à la chaîne future, et séparées par des *cordillères* en voie de surrection. Les différentes bandes offrent des faciès variés, qui sont des *indicateurs sensibles*, peut-être même les seuls, permettant de caractériser véritablement les différentes unités tectoniques. Le jeu continu des forces orogéniques a resserré les zones internes — le *domaine pennique* comme on dit aujourd'hui — et, à partir du Lutétien, la sédimentation s'est faite dans des bassins de comblement, plus rapprochés les uns des autres et de caractères plus uniformes. Ce ne sont plus les cordillères qui commandent la répartition des sédiments, maintenant tous détritiques et presque azoïques, mais plutôt la déformation des *massifs centraux* de la Zone externe. Aussi, dans l'analyse actuelle, les différences de faciès dans le Secondaire, par exemple dans les terrains jurassiques, fournissent-elles de meilleurs renseignements que le Flysch.

J'ai montré [1] de quelle importance étaient les *cicatrices* de calcaires secondaires à faciès briançonnais, interposées entre le *Flysch noir* et le *Flysch à Helminthoïdes* de l'Embrunais, et dit aussi qu'il faut considérer le Flysch, dans la plus grande partie de la Zone de l'Embrunais, comme la couverture nummulitique des plis externes du Briançonnais.

Au Nord de Montdauphin, le Briançonnais subit une remontée d'axe rapide, de plus en plus accusée vers Briançon, et se trouve déblayé de sa couverture de Flysch, dont il ne subsiste plus que des lambeaux pincés entre les noyaux anticlinaux exhumés, par exemple les témoins à Helminthoïdes reconnus par E. Haug dans les écailles briançonnaises de Champcella.

Le Flysch noir des écailles externes de la Nappe de l'Ubaye-Embrunais se lamine complètement à partir du Col de Val-Haute. Il reparaît sporadiquement dans les montagnes situées entre Vallouise et le Lautaret, où ses affleurements tourmentés ont été décrits par P. Termier.

A partir du Lautaret, la Zone du Flysch s'épanouit de nouveau largement et va constituer la chaîne des Aiguilles d'Arves. La route du Lautaret au Col du Galibier par les chalets de la Mandette s'élève sur un vaste affleurement de Flysch noir, lardé d'écailles de quartzites, de calcaires à faciès briançonnais, de lames de marbres en plaquettes et de terrains mésozoïques dont la position tectonique est celle des écailles externes de

(1) *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 262.

l'Embrunais. De grandes accumulations de gypse triasique « extravasé » jalonnent les discontinuités tectoniques de ce complexe bouleversé, qui, sur la crête transversale du Galibier, s'étend depuis la Pointe de Tête Noire jusqu'au Col du Petit Galibier.

A l'Est, cette zone troublée est chevauchée par la Nappe du Briançonnais (s. str.). A l'Ouest, affleurent les calcaires marneux du Lias, qui caractérisent *la Sous-Zone du Pas du Roc* (1). Les faciès de ceux-ci témoignent d'une parenté bien plus proche avec la *cuvette dauphinoise* qu'avec la Zone du Briançonnais ou avec la Nappe de l'Ubaye. On peut les considérer comme des *faciès de bordure de la Zone delphino-provençale. Leur prolongation méridionale, au Sud de la Fenêtre de l'Argentière, est à rechercher dans la couverture du Massif du Mercantour* (plis couchés de Terre pleine et du Mounier), où des accidents zoogènes et bréchiques sont connus dans le Lias et le Jurassique. Les écailles les plus externes de la Nappe de l'Ubaye (écaille de Dramonasq dans le massif du Morgon) présentent aussi des affinités avec la série du Pas du Roc.

Or le Flysch de la Zone des Aiguilles d'Arves peut être considéré comme l'enveloppe nummulitique externe de la série mésozoïque du Pas du Roc; au moins en est-il ainsi au Sud de la Maurienne. Les grès grossiers en bancs réguliers de Côte pleine ont l'aspect et la composition lithologique des grès d'Annot de l'autochtone. Les énigmatiques calcaires à grandes Nummulites de la coupe de Montricher ont plus d'analogie avec le Lutétien de la bordure méridionale du Mercantour qu'avec les brèches lutétiennes de la Nappe de l'Ubaye. Bref, je pense que *la Zone des Aiguilles d'Arves représente une unité tectonique bien plus externe que la Zone de l'Embrunais.* Cette dernière se rattache à la partie frontale de la Zone du Briançonnais, tandis que *je considère la première comme un prolongement structural de la couverture sédimentaire du Mercantour.* Les termes de « Nappe des Aiguilles d'Arves » et de « Nappe de l'Embrunais » ne désignent donc pas une même unité tectonique, mais correspondent à deux éléments distincts, à deux *festons*, dont le plus interne (Nappe de l'Ubaye-Embrunais) est *relayé* vers le Nord par une autre, plus externe (Nappe des Aiguilles d'Arves). Tous deux sont caractérisés par un grand développement du Flysch.

---

(1) *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 629.

GÉOLOGIE. — *Observations géologiques dans la région comprise entre Agadez et Zinder (Niger).* Note [1] de M. **Roger Lambert**, transmise par M. Ch. Jacob.

Chargé par le Gouvernement général de l'Afrique occidentale française de l'étude géologique d'ensemble de la Colonie du Niger, j'ai pu préciser, au cours de la campagne 1932-1933, les limites d'extension des couches fossilifères crétacées du Damergou.

Le Damergou est une région naturelle qui s'étend à une centaine de kilomètres au Nord Nord Ouest de Zinder. Elle affecte grossièrement la forme d'une ellipse, légèrement étranglée dans sa partie médiane, dont le grand axe orienté Sud Ouest-Nord Est mesure près de 80^{km}, avec une largeur maximum de 45^{km} aux deux extrémités.

Cette région se présente comme une vaste plaine supportant de nombreuses collines aux formes arrondies, tantôt isolées (Baba n' Birni), tantôt reliées en chaînons allongés parallèlement au grand axe (Ouest Sud Ouest de Tanout, Sud Sud Ouest de Gangara). Entre ces collines s'étalent soit de larges zones ensablées, soit de vastes dépressions argileuses dues à un actif colmatage.

Au point de vue géologique, le substratum du Damergou est constitué par les *Grès du Tégama*, formation détritique grossière, non fossilifère, que R. Chudeau [2] attribue au Crétacé inférieur, en admettant toutefois que cette assise puisse débuter avec le Trias, ou le Jurassique. Dans une Note récente, R. Furon [3] rapporte les Grès du Tégama à un complexe continental Permien-Albien. J'ai moi-même recueilli, vers la base de cette formation, à 90^{km} environ à l'Ouest d'Agadez, et à proximité de la piste caravanière d'In Gall, quelques exemplaires d'un petit Lamellibranche, non encore déterminé, mais qui permettra peut-être de préciser prochainement l'âge des assises inférieures.

Dans le Damergou, ces grès sont recouverts en concordance par des couches fossilifères que Chudeau rapporte au Turonien, ou même au Turonien inférieur, tandis que, pour Furon [4], les assises inférieures du Damergou appartiendraient déjà au Cénomanien supérieur.

---

(1) Séance du 7 août 1933.

(2) *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1033.

(3) *Sahara soudanais*, Paris, A. Colin, 1909, p. 80.

(4) *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 793.

Chudeau ([1]) a donné des collines crétacées du Damergou la coupe suivante :

3° Manteau de latérite de puissance variable.

2° Au-dessous, argiles blanc verdâtre (20^m) avec gypse en beaux cristaux. Vers la partie moyenne de ces argiles, bancs calcaires fossilifères de 10 à 20^{cm} d'épaisseur.

1° A la base, grès rouges, dont certains bancs sont de véritables lumachelles à *Ostrea* (niveau bien visible à l'Ouest de Danméli, et que l'on retrouverait tout autour du poste de Djadjidouna). Pour ce géologue le niveau inférieur gréseux serait constant dans tout le Damergou, bien que souvent masqué par les sables. Or, je n'ai pas pu retrouver cette assise, ni à Danméli, ni à Djadjidouna, où tout est masqué aujourd'hui par les sables qui recouvrent toute la région alentour. Mais, par contre, partout où il m'a été donné d'observer les couches immédiatement subordonnées aux argiles gypsifères, je n'ai jamais retrouvé le niveau des grès rouges de Chudeau. Les argiles gypsifères sont supportées soit par des grès argileux micacés (4^{km} au Sud Sud Ouest du poste de Tanout), soit par des grès blancs friables micacés (extrémité orientale de la falaise de Béréré), soit encore par des grès argileux diversement colorés (collines au Sud Ouest de Gangara). Et je n'ai jamais observé, ni dans ces grès, ni dans les couches encore plus inférieures (marnes grises, grès jaunâtres, marnes lie de vin de la falaise de Béréré) aucun niveau fossilifère.

Tous les fossiles du Damergou proviennent presque exclusivement des bancs calcaires intercalés dans les argiles gypsifères. L'un des gisements les plus riches que j'aie étudiés est celui de Marma (petit village situé à une dizaine de kilomètres à l'Est de Tanout). J'ai recueilli, immédiatement à l'Est du village, à la surface d'un petit mamelon qui émerge encore des sables envahissants, une très riche faune dans laquelle j'ai reconnu : *Vascoceras* sp., *V. Cauvini* Chudeau, *Acanthoceras*?, *Exogyra columba* Lmk., *E.* cf. *olisiponensis* Sharpe, *Plicatula* sp., et, de plus, une espèce qui n'avait pas encore été signalée dans le Damergou : *Acanthoceras rothomagense* Defr. Outre ces formes, le gisement m'a encore fourni de nombreux Gastropodes et Lamellibranches, ainsi que des Échinides, et deux Céphalopodes, l'un à carène tranchante et l'autre globuleux, pour la détermination desquels je ne dispose pas, sur place, de la documentation nécesaire.

Un second gisement important a été découvert par M. Loubet, administrateur commandant le Cercle de Tanout à 4^{km} au Sud Sud Ouest du poste. Là, dans les argiles gypsifères, sont intercalés de minces bancs irréguliers de marnes grises feuilletées et de grès très glauconieux. A la surface du sol abondent des fragments phosphatés de grandes Ammonites, ainsi que de

---

([1]) *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 4e série, 9, 1909, p. 67.

nombreuses vertèbres amphicœliques voisinant avec diverses dents, lisses ou finement cannelées (*Poissons* ?). A quelques centaines de mètres plus au Sud, on trouve encore des dents, mais plus grosses et de types différents, associées à des plaques de dents palatines, à des plaques dermiques osseuses et à des coprolithes (*Reptiles* ?). Mais toutes ces formes intéressantes sont encore à déterminer.

Enfin le puits du poste de Tanout (70^m) a montré l'existence en profondeur, à la base des formations crétacées fossilifères, de deux couches de *lignite* très riches en rognons de pyrite, mais épaisses seulement d'une dizaine de centimètres, et situées respectivement à 28 et 36^m au-dessous de la surface du sol. La couche supérieure a fourni quelques *Neolobites* pyriteux, ce qui, avec l'*Acanthoceras rothomagense* de Marna, vient justifier l'attribution au *Cénomanien* des assises inférieures du Damergou.

ZOOLOGIE. — *Sur un Copépode parasite de la ponte de* Carcinus mænas *Pennant* (Lecithomyzon mænadis n. g., n. sp.). Note (1) de Mlle **Françoise Bloch** et de M. **Louis Gallien**, présentée par M. Maurice Caullery.

En examinant des pontes de *Carcinus mænas*, récoltés devant le Laboratoire de Wimereux, nous avons trouvé, se déplaçant sur les œufs du crabe, un Copépode parasite dont la description sommaire fait l'objet de cette Note.

Sur 14 pontes examinées, et récoltées en différents points, 4 en tout étaient parasitées : deux par le Copépode adulte avec ses sacs ovigères; une par le Copépode et de nombreux œufs en train d'éclore, des larves nauplius et cyclopoïdes; une par un stade intermédiaire entre la larve cyclopoïde et l'adulte.

Nous n'avons pas retrouvé ce parasite dans les pontes d'autres crabes de la côte (*Portunus puber*, *Portunus holsatus*, *Maïa squinado*), ni de Porcellanes.

La femelle adulte a un corps globuleux, dont la taille définitive est à peu près celle du crabe (350^{μ} environ). La segmentation du corps, à peu près disparue, n'est indiquée que par de légères traces sur la face ventrale.

(1) Séance du 7 août 1933.

L'animal possède un œil nauplien entre les antennes. Les antennules ont onze articles, les antennes sont modifiées et leur structure est en relation avec le mode de vie particulier du Copépode : elles sont longues (5 segments), arquées en crochet et terminées par un peigne garni de soies raides.

La bouche et les pièces buccales forment un ensemble très compliqué. La bouche, située au centre de la face ventrale, est entourée d'un disque chitineux formant ventouse, garni de soies marginales; cette ventouse est une dépendance de l'exosquelette. Les mandibules ont la forme d'un stylet dont la pointe fait saillie au niveau de la bouche. Elles sont dirigées obliquement, la pointe en arrière. Les maxilles forment une petite languette terminée par quatre soies. L'ensemble de ces pièces constitue un appareil hautement spécialisé, utilisé par le Copépode pour retenir (ventouse) et perforer (mandibules) les œufs du Crabe.

La première paire de maxillipèdes est courte (trois segments, le dernier portant trois soies plumeuses); la seconde au contraire est très longue (cinq segments), arquée, terminée comme les antennes, par un peigne garni de soies. L'ensemble constitué par les antennes et les seconds maxillipèdes forme un système de quatre griffes articulées qui enserrent étroitement l'œuf du Crabe.

Il existe dans la région postérieure deux paires de pattes thoraciques (avec endopodite et exopodite à deux segments). La furca est terminée par cinq soies.

La coloration jaune orangé du Copépode est celle du tube digestif très volumineux. Celui-ci est, en effet, plein du vitellus des œufs du crabe. Le Copépode, en raison de sa forme, de sa taille et de sa coloration, se confond avec les œufs du crabe au milieu desquels il se trouve. Ce sont surtout ses mouvements qui le révèlent.

L'animal est étroitement appliqué par sa ventouse sur un œuf qu'il tire avec ses antennes et pousse avec ses seconds maxillipèdes; il roule parfois très rapidement à la surface des œufs.

Les sacs ovigères ne contiennent qu'un ou deux œufs; ils sont portés par un long pédoncule; l'animal les fixe sur les grappes portant les œufs du Crabe, mais parfois (au moins en aquarium), des sacs ovigères restent appendus sous la femelle en nombre variable (de deux à six).

De l'œuf sort un Nauplius, sous la cuticule duquel on distingue déjà le premier stade cyclopoïde, qui se dégage par une mue quelques heures après l'éclosion. Dès ce stade, la larve possède une ventouse et un appareil

buccal voisins de ceux de l'adulte; les antennes ne sont pas encore transformées; les deux paires de pattes thoraciques sont foliacées; l'abdomen est bien développé; il comprend trois segments et la furca pourvue de longues soies. Cette larve se nourrit, vraisemblablement par succion, du vitellus des œufs, dont on constate la présence dans le tube digestif, au bout de vingt-quatre heures. Elle se fixe souvent au substratum par sa ventouse, mais peut encore nager rapidement, contrairement à l'adulte qui ne se déplace qu'en rampant d'un œuf à l'autre.

Nous avons trouvé un stade intermédiaire, d'une taille identique aux larves cyclopoïdes précédentes, mais l'abdomen s'était considérablement raccourci et n'offrait plus que des traces de segmentation; l'animal était déjà globuleux. Ses appendices étaient ceux de l'adulte, sauf l'antennule qui ne possédait que neuf segments.

Par son allure et ses appendices, ce parasite se rapproche à certains égards de *Cancerilla tubulata* Dalyell, ectoparasite sur *Amphiura squamata*. Mais c'est surtout dans la famille des *Choniostomatidæ* (1) qu'il faut chercher ses affinités, en raison de son appareil buccal et de ses divers appendices. Nous le rangerons donc dans cette famille, où il semble devoir constituer un genre nouveau. Nous l'appellerons *Lecithomyzon* (2) *mænadis*. Son étude détaillée fera l'objet d'un Mémoire ultérieur.

ZOOLOGIE. — *Le réencapsulement de quelques larves de Cestodes.* Note (3) de MM. **Ch. Joyeux** et **J.-G. Baer**, présentée par M. M. Caullery.

Nous étudions, dans la présente Note, le phénomène du réencapsulement chez des larves de Cestodes appartenant à l'ordre des *Cyclophyllidea*. Il n'avait été suivi expérimentalement, jusqu'à ce jour, qu'en partant de plérocercoïdes de *Diphyllobothrium* Cobb. (*Pseudophyllidea*).

Tetrathyridium. — On sait que le terme *Tetrathyridium* Rud. désigne un groupe larvaire qui correspond, au moins en partie, à des adultes du genre *Mesocestoïdes* Vaillant. Les Carnivores hébergeant des adultes [*Mesocestoïdes lineatus* (Göze)] dans leur intestin présentent parfois aussi des larves

---

(1) Hansen, *The Choniostomatidæ*, Copenhague, 1897.

(2) De λεκιθος, vitellus, et μυζαω, sucer.

(3) Séance du 7 août 1933.

Tetrathyridium dans leurs séreuses; ces dernières existent normalement chez des Rongeurs. On suppose donc qu'il y aurait eu réencapsulement chez le Carnivore, en même temps que développement du ver sexué dans son intestin. D'autre part, nous avons récemment (1) obtenu, chez le chat, un *Mesocestoïdes* que nous avons rattaché à *M. ambiguus* Vaillant, en partant de *Tetrathyridium* hébergés par la couleuvre *Elaphe scalaris* (Schinz); le chat ne montrait aucun *Tetrathyridium* dans ses séreuses et hébergeait exclusivement la forme adulte. Désirant vérifier expérimentalement si les *Tetrathyridium* peuvent se réencapsuler, nous avons supposé que nous pourrions observer plus facilement ce phénomène en nous adressant à des animaux à sang froid. Nous avons fait absorber des *Tetrathyridium* provenant d'une couleuvre, *Zamenis hippocrepis* (L.), à une grenouille rainette, *Hyla arborea* (L.) et à des lézards de muraille, *Lacerta muralis* Laur. Ces animaux ont été récoltés dans un jardin public où nous avons déjà eu l'occasion d'en examiner un grand nombre, sans jamais les trouver parasités par des larves de Cestodes; d'ailleurs, les carnivores domestiques de Marseille ne semblent pas présenter de *Mesocestoïdes* adultes. Par des autopsies en série, nous avons observé ce qui suit. Au bout de 48 à 72 heures après l'absorption, on trouve, dans le contenu de l'intestin terminal et dans les selles, des *Tetrathyridium* ayant perdu leur scolex (généralement invaginé avant l'absorption); ce qui reste représente la presque totalité de la larve et ce n'est que l'examen microscopique qui peut montrer l'absence du scolex. Les corpuscules calcaires, très nombreux, sont répartis d'une façon homogène dans tout le parenchyme et l'on n'observe pas, comme chez les plérocercoïdes de *Diphyllobothrium*, leur raréfaction à mesure que l'on avance vers l'extrémité postérieure.

Le scolex des larves ayant traversé la paroi est difficile à voir à ce moment en raison de sa petite taille. Mais, à partir du 7e jour, on peut commencer à l'observer facilement. La larve se trouve à la surface de l'intestin. Elle mesure 350 à 550 μ sur 300 à 450 μ. Elle est composée d'un scolex présentant déjà des mouvements d'invagination dans le parenchyme qui lui fait suite. A l'extrémité opposée on remarque des traces de rupture avec la partie postérieure du *Tetrathyridium*, restée dans le tube digestif. Au bout de 15 jours, les larves ont grandi, elles mesurent en extension 1^{mm} à $1^{mm},5$ sur $0^{mm},5$. On les observe en divers points de l'organisme : paroi du tube digestif, cavité

(1) *Bull. Soc. Path. exotique*, 25, 1932, p. 993-1010.

péritonéale, etc. Au 20e jour, elles ont encore augmenté de taille, mais l'aspect général a peu varié. Au 33e jour, le *Tetrathyridium* a atteint sa taille normale et a l'aspect habituel, arrondi ou elliptique ; les corpuscules calcaires sont abondants partout, le scolex est invaginé et l'encapsulement dans le tissu péritonéal a commencé. Il est complet au 37e jour et le *Tetrathyridium* reformé ressemble en tous points à celui dont on est parti. Nous n'avons pas obtenu un deuxième réencapsulement chez le lézard, mais nous ignorons le nombre et la nature des migrations qui avaient pu être effectuées précédemment dans la nature par les larves que nous avons utilisées. D'ailleurs, la traversée du tube digestif ne réussit pas toujours : nous avons vu un scolex dégénéré dans la paroi intestinale 15 jours après l'absorption, il était entouré d'une zone réactionnelle.

CYSTICERCUS ACANTHOTETRA. — On sait que les larves de *Dipylidiinae* se trouvent généralement chez des Reptiles, à l'exception de celles de *D. caninum*(L.). D'après Lopez-Neyra [1], le reptile *Tarentola mauritanica* L. s'infeste directement en absorbant des anneaux mûrs de *Joyeuxia pasqualei* (Diam.) syn. *J. chyzeri* (Ratz), qu'il attrape à la surface des selles, pendant qu'ils sont encore mobiles. Cependant, les larves de *Dipylidiinae* se trouvent chez un grand nombre de reptiles non coprophages, et nous avons pensé que les phénomènes de réencapsulement pouvaient expliquer ce parasitisme. Nous avons réussi à faire réencapsuler l'une d'elles : *Cysticercus acanthotetra* Parona, larve de *Diplopylidium acanthotetra* (Par.) des Carnivores, chez *Lacerta muralis* Laur., en partant de cysticercoïdes hébergés par *Zamenis hippocrepis* L., et avec les précautions expérimentales énumérées ci-dessus. Ce phénomène se passe comme chez les *Tetrathyridium*, mais il n'y a pas de scission ; la larve tout entière traverse la paroi du tube digestif. On l'observe à la surface de l'intestin au bout de 3 à 4 jours et, au 12e jour, le réencapsulement est à peu près fini. La larve est vivante, englobée dans le mésentère. Toutes les larves ne traversent pas ; un certain nombre meurent dans l'intestin.

---

(1) *Revision del genero* Dipylidium *Leuckart*, Madrid, 1929.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Présence, chez le pou de l'écureuil de Gétulie, d'un virus récurrent, type hispano-africain, pathogène pour l'homme et le cobaye.* Note (¹) de MM. **Georges Blanc**, **M. Noury**, **M. Baltazard** et Mlle **Fischer**, présentée par M. E. Roux.

Continuant les études que nous avons entreprises sur la fièvre récurrente hispano-africaine (²), nous avons recherché le virus sur un rongeur, commun au Maroc dans la région des Arganniers, l'écureuil de Gétulie (*Atlantoxerus getulus*) (³). Nos recherches ont porté sur un nombre restreint d'animaux et ont été, jusqu'à présent, négatives en un point, car nous n'avons pas décelé le spirochète par la méthode d'inoculation du cerveau d'un certain nombre de ces rongeurs (huit) à l'animal-réactif : le cobaye. Par contre, nous devions faire une constatation qui nous paraît être assez importante pour être rapportée :

Ayant reçu de la région d'Agadir (⁴) quelques *Atlantoxerus getulus*, nous avions remarqué qu'ils étaient porteurs d'un nombre considérable de poux (*Neohæmatopinus pectinifer*). Il nous a paru intéressant de chercher à savoir, dans l'éventualité d'une infection à Spirochètes des écureuils d'arganniers, si leurs poux ne pouvaient héberger et peut-être transmettre l'infection d'un animal à l'autre. Dans ce but, nous prenons, le 27 janvier, cinquante poux sur un écureuil que nous sacrifions. Le cerveau est inoculé à un cobaye, les cinquante poux à un autre cobaye; dans les deux cas par voie intrapéritonéale. Le premier de ces animaux fait, à plusieurs reprises, une élévation thermique, mais, à aucun moment, nous ne pouvons déceler de Spirochètes dans son sang. Le second de ces animaux fait une première élévation de température, cinq jours après l'inoculation; la fièvre réapparaît trois jours plus tard, la température se maintient élevée (40°,6), l'examen ultramicroscipique, fait le neuvième et le dixième jour, permet de constater la présence, dans le sang, de nombreux Spirochètes. L'animal meurt des suites d'une ponction cardiaque faite pour passages. Les cobayes ino-

---

(¹) Séance du 7 août 1933.

(²) *Académie de médecine*, **119**, avril 1933, p. 587, et *Maroc Médical*, mai 1933.

(³) P. Delanoë, dans son important travail sur *Le réservoir de virus du Spirochète* (*Archives Institut Pasteur de Tunis*, **20**, 1931, p. 312), parle de l'intérêt qu'il y aurait à étudier le rôle joué par ce rongeur.

(⁴) Par l'intermédiaire du Capitaine Oltarra des A. I.

culés (19 au total) font une infection à fièvre récurrente tout à fait comparable à celle que donne le virus de récurrente hispano-africaine. Nos expériences sont arrêtées, au sixième passage, par une épizootie de pseudotuberculose qui frappe nos animaux inoculés, et nous fait perdre le virus.

Un homme, relevant de la pyrétothérapie, est inoculé avec le sang du premier cobaye infecté. Il fait une fièvre récurrente typique. Le premier accès débute 48 heures après l'inoculation, il dure 5 jours; le second apparaît 8 jours après le premier, il ne dure que 2 jours. Trois jours plus tard, nouvelle élévation de température (37°,9). Le sujet quitte l'hôpital le lendemain; notre observation écourtée ne porte que sur 20 jours. Au cours des deux premiers accès fébriles nous avons examiné le sang, et avons trouvé des Spirochètes, mais en petit nombre.

Ces Spirochètes pathogènes pour l'homme et le cobaye et, morphologiquement, identiques à ceux de la récurrente hispano-africaine, s'y apparentent. Pour affirmer leur identité, il nous manque d'avoir infecté (*O. erraticus*).

Il serait d'un haut intérêt de démontrer cette identité et de constater ainsi l'existence d'une spirochétose pouvant être, dans les conditions naturelles, transmise à la fois par les accariens et par les poux.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Sérothérapie de l'appendicite gangréneuse et de la péritonite.* Note [1] de M. **Weinberg**, présentée par M. E. Roux.

Les recherches que nous avons poursuivies dès le début de la guerre avec nos collaborateurs nous ont permis d'établir les deux faits suivants :

1° Il est possible de guérir par un sérum spécifique polyvalent une infection polymicrobienne;

2° Il est possible de guérir une maladie polymicrobienne en neutralisant, par un sérum spécifique, le microbe dominant, le plus pathogène de l'association microbienne, cause de l'infection.

Comme nous savions, grâce aux travaux de quelques bactériologistes (Welch, Flexner, Veillon, etc.), que le *B. perfringens* fait souvent partie de la flore microbienne de l'appendicite, nous nous sommes demandé si le sérum antigangréneux pouvait rendre service dans le traitement de cette infection, et surtout de sa forme gangréneuse.

---

[1] Séance du 7 août 1933.

Le succès que nous avons obtenu en avril 1919, en traitant une malade du Dr Paul Delbet, considérée comme complètement perdue, a montré que notre idée était bonne. Un deuxième succès a suivi rapidement le premier. Encouragé par ces résultats, Paul Delbet a traité par le sérum antigangréneux 11 nouveaux malades (1920), avec un seul échec.

Depuis ces essais, des chirurgiens français et étrangers ont publié des observations favorables à la sérothérapie de l'appendicite et de la péritonite (Cotte, Berard, Santy et Gelas; Petit-Dutaillis; Ch. Mathieu; Rakovatz; Michel et Mathieu; Jennings; Williams; Bower et Clark; Lohr; Black; Henschen, etc.).

Nous avons complété notre expérience personnelle par une étude de 96 cas d'appendicite très grave (52 cas d'appendicite aiguë non gangréneuse, 44 cas d'appendicite gangréneuse) que nous avons traités, avec le Dr Jacquemin. par des injections intrapéritonéales et sous-cutanées de fortes doses de sérum antigangréneux polyvalent. Sur ce nombre, nous n'avons observé que 2 cas mortels.

Sachant que le *B. coli* joue un rôle très important dans l'étiologie et la pathogénie de l'appendicite (1), nous avons préparé, avec A. R. Prévot, un sérum anticolibacillaire. Nous avons aussi préparé un sérum complémentaire, actif contre quelques microbes aérobies et anaérobies, quelquefois pathogènes et souvent associés au *B. coli* et au *B. perfringens* (Entérocoque, Streptocoque, *B. ramosus*, *B. fusiformis*, *F. biacutum*).

Nous avons eu l'occasion, dès 1927, de traiter quelques malades avec le mélange de sérum antigangréneux et de sérum anticolibacillaire. Mais ce mélange a été surtout employé d'une façon systématique, par M. Laquière et par nous-même, dans le traitement de 152 nouveaux cas d'appendicite grave compliquée souvent de péritonite généralisée. Il s'agit de malades observés de 1928 à ce jour. Ces 152 cas comprennent 90 cas d'appendicite gangréneuse, avec 42 appendices perforés ayant provoqué chez 36 malades une péritonite généralisée.

En faisant abstraction des appendicites non gangréneuses, nous constatons qu'avec le sérum antigangréneux polyvalent nous avons observé 2 cas mortels sur 44, alors qu'avec le même sérum mélangé avec du sérum colibacillaire nous ne comptons que 3 morts sur 90 malades traités.

Les résultats favorables obtenus en France sont confirmés par les obser-

---

(1) Weinberg, Prevot, Davesne et Claudie Renard, *Ann. Inst. Pasteur*, 42, octobre 1928, p. 1167.

vations publiées par les auteurs étrangers qui nous ont suivi dans cette voie. En ne tenant compte que des travaux où sont consignés parallèlement des renseignements sur la mortalité observé chez les sujets ayant bénéficié ou non de la sérothérapie, nous citerons, pour l'emploi du sérum anticolibacillaire seul, la statistique de Katzenstein et Zimmer (134 malades, mortalité 20,69 pour 100 au lieu de 35,2 pour 100 chez les non traités); pour le sérum anti*perfringens* ou le sérum antigangréneux polyvalent, celle de Williams (54 malades, mortalité de 9,3 pour 100 au lieu de 24,8 pour 100); celle de Bower et Clark (25 malades, mortalité de 19 pour 100 au lieu de 73 pour 100); celle de Henschen (21 malades, mortalité de 7,2 pour 100 au lieu de 13 pour 100); pour le mélange de sérum antigangréneux et de sérum anticolibacillaire, celle de Walter Spitzer (36 malades, mortalité de 14 pour 100 au lieu de 25 pour 100) et, enfin, celle de Kuntz (142 malades, mortalité de 13 pour 100 au lieu de 25 pour 100).

Si nos résultats sont sensiblement meilleurs, nous l'expliquons par l'emploi des sérums plus actifs, et aussi par l'emploi systématique des fortes doses, introduites en même temps dans la cavité péritonéale et sous la peau ou dans les muscles (1).

La plupart des chirurgiens qui ont pratiqué la sérothérapie de l'appendicite gangréneuse ou de la péritonite généralisée ont observé que, même dans les cas où ils n'ont pas réussi à sauver leurs malades, l'injection de sérum a été rapidement suivie d'une amélioration passagère des symptômes généraux et locaux. L'effet du sérum est donc indiscutable.

Si nous ne pouvons pas préciser exactement la proportion dans laquelle la mortalité a baissé à la suite de l'application de la sérothérapie, nous pouvons, par contre, affirmer que cette baisse est réelle et très sensible et que, dorénavant, le mélange de sérums antigangréneux et anticolibacillaire doit fait obligatoirement partie de l'arsenal thérapeutique du chirurgien.

La séance est levée à $15^h 45^m$.

A. Lx.

---

(1) Le sérum doit être injecté à la fin de l'opération pendant que le malade se trouve sous l'influence de la narcose, pour éviter les accidents anaphylactiques.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances du mois de juillet 1933 (*suite*).

Comptes rendus du Congrès International d'électricité. Paris, 1932. Publiés sous la direction de M. Robert de Valbreuze :

— Volume I : Renseignements généraux.

— Volume II : Comptes rendus des travaux de la première section. Science de l'électricité et du magnétisme. Théories générales. Isolants. Conducteurs. Radioactivité. Corps magnétiques.

— Volume III : Comptes rendus des travaux de la deuxième section. Mesures électriques. Unités et étalons. Mesures absolues. Mesures de laboratoires, industrielles, essais de machines.

— Volume IV : Tome I. Comptes rendus des travaux de la troisième section. Production et transformation de l'énergie électrique.

— Volume V : Tome II. Id. Production et transmission de l'énergie électrique.

— Volume VI : Comptes rendus des travaux de la quatrième section. Transmission et distribution de l'énergie électrique.

— Volume VII : Id. de la cinquième section. Traction électrique, applications mécaniques.

— Volume VIII : Id. de la sixième et de la dixième section. Éclairage électrique, photométrie. Radiobiologie et électrobiologie.

— Volume IX : Id. de la septième section. Électrochimie, électrométallurgie, piles et accumulateurs.

— Volume X : Id. de la huitième section. Télécommunications par fil.

— Volume XI : Id. de la neuvième section. Radioélectricité. Phénomène de haute fréquence. Radiocommunications.

— Volume XII : Id. de la onzième et de la treizième section. Électricité atmosphérique, magnétisme terrestre. Enseignement de l'électricité.

Volume XIII : Id. de la douzième section. Applications diverses de l'électricité. Paris, Gauthier-Villars, 1932; 13 vol. $24^{cm},5$.

(*A suivre.*)

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 21 AOUT 1933.

PRÉSIDENCE DE M. ÉMILE ROUX.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

PHYSIQUE APPLIQUÉE. — *Sur l'emploi des indicateurs colorés pour déceler l'hétérogénéité des alliages.* Note (¹) de M. **A. Cotton**.

M. Prot et Mlle Goldovsky (²) ont indiqué deux procédés pour examiner les métaux au point de vue de leur hétérogénéité et de leur résistance à la corrosion. Le premier de ces procédés est fondé sur l'emploi d'indicateurs colorés.

Je voudrais signaler sur ce point un travail antérieur de M. Ch. Quillard (³) qui indiquait qu'on pouvait faire apparaître l'hétérogénéité des alliages d'aluminium en plongeant des lames de ces métaux dans un liquide électrolytique additionné d'un indicateur coloré. Il signalait aussi qu'on pouvait, en ajoutant de la gélose, stabiliser les points d'attaque ainsi décelés.

M. Prot et Mlle Goldovsky ont perfectionné le procédé, le rendant applicable à des objets fabriqués que l'on peut alors examiner tout entiers sans les endommager, mais ce procédé, signalé dans la première partie de leur Note, n'est qu'une application du principe indiqué déjà par M. Quillard.

(¹) Séance du 16 août 1933.
(²) *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 136.
(³) *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 1281.

SÉROTHÉRAPIE. — *La sérothérapie anticolibacillaire. Résultats de son emploi dans les appendicites gangréneuses graves avec péritonite locale ou généralisée.* Note [1] de M. **Hyacinthe Vincent**.

Dans des publications dont les premières remontent à 1922, j'ai fait connaître un certain nombre de particularités biologiques nouvelles du *Bacillus coli* envisagé comme agent pathogène et toxigène, et comme facteur de nombreux processus morbides, chez l'homme [2]. J'ai signalé la pluralité des toxines sécrétées par ce microbe [3] en particulier l'existence de la *toxine entérotrope*, thermostabile, qui se fixe électivement sur la cellule hépatique, l'appareil biliaire et l'intestin. Cette toxine joue un rôle très important dans l'appendicite à forme toxique ou compliquée de péritonite. Cette pluralité des toxines colibacillaires a été confirmée récemment par Weinberg. Elle permet d'expliquer la variété des symptômes intestinaux, hépatiques, névropathiques ou psychopathiques [4] qui accompagnent si fréquemment les infections dues au *Bacillus coli*.

La localisation normale et l'abondance extraordinaire de ce bacille dans l'intestin de l'homme donnent également l'explication de la fréquence et de la gravité des symptômes qui résultent du traumatisme ou d'une lésion de l'intestin, par irruption des bactéries de l'intestin et, tout spécialement du *Bacillus coli*, dans la cavité péritonéale.

Dans l'appendicite compliquée de péritonite, dont le pronostic est si souvent fatal, c'est le *Bacillus coli* qui constitue l'agent pathogène le plus dangereux. Il est, en effet, presque constant dans les exsudats louches, sanieux, putrides ou purulents périappendiculaires. J'ai isolé le Colibacille seul ou associé à d'autres bactéries, dans 94,73 *pour* 100 *des cas*. Les

---

(1) Séance du 16 août 1933.

(2) H. Vincent, *C. R. Soc. Biol.*, 9e série, 5, 1893, p. 462, et 87, 1922, p. 646; *Internat. Clinics*, Philadelphie, 2, 1930, p. 168; *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 239, 407, 1083 et 1624; 187, 1928, p. 407 et 787; 189, 1929, p. 381; *Bull. Acad. de Médecine*, 100, 1928, p. 1232; 101, 1929, p. 393; 103, 1930, p. 431; *Cours du Collège de France*, 1926; *La Riforma medica*, 8, n° 36, 1930, p. 1423, etc.

(3) H. Vincent, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 1621; 187, 1928, p. 407; 189, 1929, p. 381; *Bull. Acad. de Médecine*, 103, 1930, p. 431, etc.

(4) H. Vincent, *loc. cit.*, et *La Riforma medica*, 8, n° 36, 1930, p. 1423; *American Journ. of the med. Sciences*, 183, n° 3, 1932, p. 301.

anaérobies pathogènes, en particulier le *B. perfringens*, y sont beaucoup plus rares (5 pour 100 des cas).

On doit, à mon avis, considérer l'appendicite aiguë, non comme une affection banale, mais comme une maladie infectieuse à virus *spécifique* et encore inconnu, particulière à l'homme. Mes essais d'inoculation au lapin, au cobaye et au chat (je n'ai pu les faire au singe) ont été sans résultat. L'appendicite est une maladie sinon nouvelle, du moins devenue extrêmement fréquente depuis environ quarante ans. Son caractère endémo-épidémique n'est pas douteux, dans certaines familles.

Le plus grand danger de l'appendicite réside dans sa localisation anatomique qui permet à certaines bactéries de l'intestin et spécialement au *Bacillus coli* de faire irruption dans le péritoine (où il acquiert une virulence et une toxicité plus grandes), apportant ainsi, par son intervention surajoutée, un coefficient de gravité considérable.

Ces constatations et ces considérations m'ont conduit depuis longtemps à recommander comme adjuvant de la chirurgie, la sérothérapie par le sérum anticolibacillaire préparé suivant ma méthode, dans les appendicites gangréneuses compliquées de péritonite locale, diffuse ou généralisée ([1]).

J'ai publié, dès ce moment, des exemples remarquables de guérison de ces appendicites sous leur expression la plus sévère.

Il y a là une indication précise, pressante de la sérothérapie, que j'ai fait connaître dès 1925 ([2]) et dont j'ai exposé en diverses publications le mode d'emploi et les résultats très remarquables. Le sérum, à la fois antimicrobien et antitoxique, exerce une action puissante dans ces formes toxi-infectieuses de l'appendicite qui sont si souvent mortelles lorsque l'intervention est tardive (Hartmann, de Quervain, Malar, Pierre Duval). Il inhibe, par son pouvoir bactéricide, les colibacilles émigrés hors de l'intestin et neutralise leurs toxines avec une grande rapidité. Sous l'influence du sérum, la fièvre tombe d'ordinaire en 24 ou 48 heures, le pouls se relève et redevient normal dans un délai plus bref (Foucault), le faciès péritonéal disparaît, les phénomènes septiques déclinent rapidement.

On sait que la mortalité par appendicite aiguë, opérée dans les 24 pre-

---

([1]) H. Vincent, *Bull. Acad. de Médecine*, **100**, 1928, p. 1232; **101**, 1929, p. 393; *Journées médic. de Bruxelles*, 1925; *Vida Nueva* (La Havane), **27**, n° 3, 1931, p. 223, etc.

([2]) H. Vincent, *loc. cit.* En raison de la présence possible ou certaine des anaérobie. pathogènes, le sérum antigangréneux polyvalent (H. Vincent et G. Stodel) est utilement associé au sérum anticolibacillaire.

mières heures, est, sauf complications aiguës, très faible. Mais il n'en est plus de même lorsque l'intervention est plus tardive. Si l'opération est faite au deuxième jour, la proportion des décès est de 10 à 13,8 pour 100; au troisième jour, elle est de 36 à 45 décès pour 100 malades; au quatrième jour, la mortalité atteint 80 à 100 pour 100.

Or l'emploi du sérum anticolibacillaire, préparé suivant ma méthode, a permis d'obtenir la guérison de malades atteints de formes exceptionnellement graves *et opérés aux troisième, quatrième, sixième et même huitième jours.* Les symptômes les plus significatifs étaient observés : vomissements porracés, hoquet, ballonnement abdominal, contracture généralisée de la paroi, shock, pouls misérable ou arythmique à 140 et plus; appendice sphacélé en péritoine libre, sans ébauche de cloisonnement, liquide louche, sanieux ou purulent dans le repli de Douglas ou remplissant la grande cavité péritonéale. Duguet, Clavelin, Foisy, Machavoine, Lacaze, Foucault, Laffitte, Alary, Larget, Lamare, Puy Haubert, Gebeyli (d'Alexandrie), Marcel Lacour, Naudet, etc., ont publié ou m'ont adressé de nombreux exemples de guérison de ces formes redoutables d'appendicites malignes ou compliquées dont le pronostic était considéré comme fatal.

Ce sérum est régulièrement injecté aux malades opérés pour appendicite, grave ou très grave, dans un grand nombre de services chirurgicaux de Paris et de province, ainsi que dans les hôpitaux de l'armée. M. le Dr Foucault, professeur et chirurgien de l'Hôpital de Poitiers, a utilisé, en particulier, le sérum anticolibacillaire de Vincent chez plus de 200 malades opérés d'appendicectomie et atteints de formes graves ou compliquées; 28 de ces malades avaient une péritonite localisée; 9 avaient une péritonite généralisée; 3 autres ont été opérés *in extremis.* Aucun décès n'est survenu chez ces 200 malades.

Je citerai encore brièvement l'exemple suivant probablement unique. Une jeune fille atteinte d'appendicite est opérée *au huitième jour* de sa maladie. Shock complet, délire continu, pouls à 160, etc. On trouve chez elle une péritonite purulente généralisée. Elle a été guérie en quelques jours par les injections de sérum anticolibacillaire à hautes doses, associées à l'appendicectomie (Larget).

L'action antitoxique proprement dite du sérum sur les phénomènes relevant de la toxine neurotrope aussi bien que de la toxine entérotrope sécrétées par le colibacille, se révèle également chez les malades atteints d'appendicite à forme toxique, nerveuse aussi bien qu'hépatique. Le sérum a permis d'obtenir la guérison d'une malade atteinte de myocardite et d'insuf-

fisance rénale, opérée au troisième jour. Cette malade avait une péritonite généralisée (Laffitte). Un autre malade, de tempérament très calme, présenta, après l'opération d'appendicite, des symptomes curieux d'intoxication par la neurotoxine colibacillaire : agitation extrême, puis délire systématisé avec impulsions au suicide, ayant nécessité une surveillance sévère. Les injections de sérum anticolibacillaire firent disparaître ces phénomènes inquiétants (Larget).

On peut conclure que la sérothérapie anticolibacillaire est le complément nécessaire du traitement chirurgical des appendicites malignes ou toxiques compliquées, soit de gangrène, soit de péritonite localisées ou diffuses dont le pronostic est si souvent funeste. « L'action du sérum de Vincent, actuellement démontrée et souvent merveilleuse, amène une désintoxication rapide, une euphorie du malade, une simplicité dans les suites opératoires vraiment remarquables et auxquelles on n'était pas habitué avant la sérothérapie » (Marcel Lacour).

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *L'habitus des Lins en rapport avec leur fécondité et leur sélection.* Note [1] de M. **L. Blaringhem.**

La sélection des Lins à fibres, par l'isolement d'un grand nombre de lignées depuis 1920, aboutit au résultat suivant : en année normale les lignées les plus stables donnent toujours des tiges moins longues que les lignées instables isolées dans les mêmes populations. Bien que le Lin à fibres (*Linum usitatissimum* L.) soit autofécondé comme les Blés, les Orges, les Pois, la règle qui doit servir à la sélection diffère de celles qui dominent l'amélioration des Céréales et des Légumineuses; mais il faut remarquer qu'il s'agit pour le Lin à fibres d'obtenir des pailles longues et souples et non un rendement en quantité et en qualités de graines. Si l'on examine le problème, au point de vue, non de la pratique agricole, mais de la fertilité, les faits mis en valeur par l'étude des Lins rentrent dans le cas général et même fournissent sur les problèmes de la sélection des Céréales des indications fort utiles expliquant pour partie la rapide dégénérescence des variétés les plus récentes de Froments.

La sorte pédigrée EGBK, d'origine russe, tout à fait stable depuis 1920, montre en effet que le choix des parents vigoureux n'entraîne en réalité aucune altération dans

---

[1] Séance du 16 août 1933.

la productivité des graines. En 1933, les circonstances météorologiques à la Station Berthelot à Bellevue (S.-et-O.) ont fourni des conditions parfaites de floraison et de maturité; je donne le nombre de graines par fruits rangés par ordre de formation sur les corymbes :

Plante à :	Nombre de graines par fruit :
14 fruits..........	10, 9, 8, 9, 8, 8, 7, 8, 7, 6, 5, 6, 3, 3;
6 »	10, 10, 10, 9, 8, 3:
5 »	10, 9, 10, 8, 4;
3 »	8, 9, 5;
1 fruit	8;

le maximum 10 et souvent 9 graines par fruit caractérise cette lignée qui est la plus régulière de mes cultures ([1]). On notera l'abaissement de productivité des dernières fleurs des plantes exceptionnellement vigoureuses ainsi que des fleurs des plantes très grêles. Les conditions anormales de croissance, surtout l'espace disponible à la levée, sont seules en cause; elles n'entraînent aucune déviation de la moyenne; les descendances des plantes grêles à 1 ou 2 fruits, de même que les graines des plantes à 14 fruits donnent en majorité des plantes à 4-6 fruits dont les premiers formés renferment 10 ou 9 graines.

Or l'examen de l'habitus des individus de cette lignée au cours de la floraison montre une homogénéité remarquable; les premières fleurs des plantes à 4-5 fruits s'ouvrent le même jour; un léger retard, d'au plus trois jours, a été constaté sur les plantes à 1-2 fruits. L'ouverture des fleurs a lieu régulièrement vers $6^h 30^m$ et à cette heure matinale les anthères sont fermées, les filets courts, le sommet des 5 anthères à 2^{mm} de l'extrémité des stigmates; les filets s'allongent de près du double de leur longueur entre 7^h et 8^h, tandis que le pollen est mis en liberté d'abord en petite quantité le long des styles non réceptifs, puis la torsade de ceux-ci s'épaissit en fuseau, les papilles stigmatiques se dégagent, ramassent le pollen complètement libéré et bientôt, à 9^h, les anthères vides et bleu foncé, les stigmates écartés teintés de bleu mais encore turgescents sont enrobés par des centaines de grains de pollen; à midi, les pétales sont tombées, les stigmates fripés et desséchés. Il y a dans tous les cas plus de trente fois la quantité de pollen nécessaire à la fécondation des dix ovules. Ce mécanisme est constant, identique jusque dans les plus infimes détails pour toutes les fleurs de la lignée. Varie seule la floraison des grappes d'environ 10 jours pour les plantes moyennes de 4-5 fruits, de 5 jours pour les plantes à 2-3 fruits, de 24 jours (en 1933) pour les plantes donnant 14 fruits. Le pourcentage des fleurs avortées est très faible, inférieur à 2 pour 100. Les tiges jaunissent régulièrement du sommet vers la base.

Des observations analogues ont été faites sur des sortes bien définies et stables à fleurs blanches et à étamines soit bleues, soit jaunes, sur des sortes à

([1]) *Comptes rendus*, **179**, 1924, p. 418, et *Rev. Botan. appl. et agric. colon.*, n° **38**, 1924, p. 640, et n° **39**, 1924, p. 744.

fleurs roses et à étamines jaunes. Ces lignées types se comportent de même, avec quelques variantes, valables pour toutes les fleurs de tous les individus d'une même lignée pédigrée. La fertilité est parfaite, la taille basse.

Il n'en est plus de même pour certains métis, obtenus par l'entre-croisement de ces lignées de 1922 à 1924, dont j'ai étudié avec soin en 1932 et en 1933 le comportement floral, après les ségrégations et isolements de cinq ou six générations. Un certain nombre de ces métis, qu'on peut dire stabilisés, se distinguent de leurs parents par la croissance prolongée des tiges, par la durée de l'épanouissement des fleurs, par l'avortement fréquent des premières fleurs et constant des dernières, et surtout par la réduction en nombre des fleurs et des fruits. Pour les métis fixés les plus remarquables à fleurs bleues, ou à fleurs blanches, et j'ai suivi surtout ces derniers à cause de la facilité du contrôle, les axes s'allongent même après l'épanouissement des premières fleurs, ne cessent de croître que par la dessiccation des pieds, c'est-à-dire par un mécanisme bien différent de la maturation des lignes pures. La productivité des graines est réduite; leur nombre par fruit atteint exceptionnellement 8, tombe le plus souvent à 5, 4 ou même 3 et alors il n'y a qu'une graine au lieu de 2 par chaque valve du fruit qu'il faut ouvrir à la main par compression. Cette diminution de fécondité est accompagnée du développement anormal, prolongé des membranes des ovules vides qui forment autant de sacs blanchâtres étalés en même temps que l'ovaire se transforme en fruit. Malgré la fréquenee des grains de pollen avortés, il en reste dans les anthères bourrées trente fois plus qu'il n'en faut pour assurer la pollinisation. Le pollen du métis féconde à 100 pour 100 les ovaires des races stables parentes et le pollen de celles-ci n'augmente guère le pourcentage des bonnes graines dans les fruits des métis stabilisés. Bref, la récolte en graines est réduite au tiers, souvent à moins. Alors que les graines des parents sont toujours pleines, lisses et brillantes, celles des métis sont souvent malvenues, ondulées ou arquées, moins pleines et à surface gluante.

Des irrégularités corrélatives apparaissent dans l'habitus floral des métis fixés où certaines fleurs persistent souvent durant deux jours, dont les styles restent roulés en torsade alors que les filets des étamines et les anthères sont desséchés. L'ouverture même des fleurs s'échelonne sur plusieurs heures, se produit souvent le soir et l'on constate que les pédoncules floraux continuent de s'allonger, restent souples ou plutôt languissants, comme si la maturation des tissus et leur lignification étaient difficiles. Et c'est dans cette maturation ralentie des éléments ligneux que réside au fond la véri-

table cause des désordres constatés dans l'épanouissement des grappes, des pétales, des étamines, des stigmates. Les irrégularités sont d'ailleurs variables d'une lignée métisse à l'autre, bien que provenant des mêmes ascendants ou du même croisement.

Des irrégularités beaucoup plus accusées m'ont été fournies par les hybrides obtenus entre les lins à fibres et les lins à grosses graines, à larges fleurs bleues de 24^{mm} d'étalement, à tiges courtes et raides et classés par certains auteurs sous le nom de *Linum squamulosum* Rudge. J'en étudie un assez grand nombre de populations depuis 1927 à cause des macules blanches fréquentes qui en font des Lins à graines panachées. Les panachures sont dues en réalité à des digestions incomplètes des albumens par les embryons et fournissent un cas particulier et fort accusé des désordres qui aboutissent, chez les métis vrais, à des graines ridées et gluantes et aussi aux sacs ovulaires énormes et vides. Pour ces hybrides, il est difficile de trouver, même après quatre années de cultures pédigrées, des lots offrant deux plantes semblables au point de vue de l'habitus des grappes, des fleurs et des fruits.

En résumé, les altérations de la croissance, de la lignification au cours de et après la floraison des Lins métis à fibres, aboutissent à la production de lignées dont les tiges ne cessent de s'allonger jusqu'à dessiccation et fournissent des fibres longues et souples; mais ces particularités sont corrélatives d'une forte réduction dans la production des graines et d'une instabilité qui limitent leur emploi dans la grande culture.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur une classe de familles de quadriques à deux paramètres*. Note de M. A. **Demoulin**.

1. Soit, en coordonnées tétraédriques x_1, x_2, x_3, x_4, $\Omega = 0$ l'équation d'une quadrique Ω dépendant de deux paramètres λ, μ et jouissant des propriétés suivantes : 1° elle n'a que deux points caractéristiques M, N; 2° sa caractéristique pour un déplacement infiniment petit du point M se compose de deux coniques situées dans des plans π, π'; 3° sa caractéristique pour un second déplacement infiniment petit du point M se compose de deux coniques situées dans des plans χ, χ'. Nous allons déterminer cette quadrique. Exprimons λ, μ en fonction de deux paramètres p, q tels qu'on ait, pour le premier des déplacements considérés, $dq = 0$ et, pour le second, $dp = 0$. Soient $\alpha = 0$, $\beta = 0$ les équations des plans α, β passant par MN et harmoniquement conjugués par rapport aux plans π, π' et par rapport

aux plans χ, χ'. On a, quels que soient p, q, x_1, x_2, x_3, x_4,

$$\frac{\partial\Omega}{\partial p} = \rho\Omega + \sigma\alpha^2 + \tau\beta^2, \qquad \frac{\partial\Omega}{\partial q} = \rho_1\Omega + \sigma_1\alpha^2 + \tau_1\beta^2,$$

ρ, σ, τ, ρ_1, σ_1, τ_1 étant des fonctions de p et de q, d'où

$$(1) \qquad d\Omega = (\rho\, dp + \rho_1 dq)\Omega + (\sigma\, dp + \sigma_1 dq)\alpha^2 + (\tau\, dp + \tau_1\, dq)\beta^2.$$

Soient φ et ψ deux fonctions telles qu'on ait

$$\varphi(\sigma\, dp + \sigma_1\, dq) = du, \qquad \psi(\tau\, dp + \tau_1\, dq) = dv.$$

Si l'on prend u, v comme variables indépendantes, l'égalité (1), devient, α, β étant remplacées par $\alpha\sqrt{\varphi}$, $\beta\sqrt{\psi}$,

$$(2) \qquad d\Omega = (m\, du + m_1\, dv)\Omega + \alpha^2\, du + \beta^2\, dv.$$

Pour que cette équation soit intégrable, il faut que l'on ait

$$\left(\frac{\partial m}{\partial v} - \frac{\partial m_1}{\partial u}\right)\Omega = \Phi,$$

étant posé

$$\Phi = m_1\alpha^2 - m\beta^2 + 2\beta\frac{\partial\beta}{\partial u} - 2\alpha\frac{\partial\alpha}{\partial v}.$$

Le coefficient de Ω est nul, car, s'il ne l'était pas, l'équation de Ω pourrait s'écrire $\Phi = 0$ et la droite MN, dont les équations sont $\alpha = 0$, $\beta = 0$, appartiendrait à Ω, ce qui est impossible. m, m_1 sont dès lors les dérivées partielles logarithmiques d'une fonction h. Si l'on porte ces expressions de m et de m_1 dans l'égalité (2), puis qu'on remplace Ω, α, β par $h\Omega$, $\alpha\sqrt{h}$, $\beta\sqrt{h}$, il vient

$$(3) \qquad d\Omega = \alpha^2 du + \beta^2 dv.$$

La condition d'intégrabilité pour Ω peut être remplacée par les égalités suivantes, f désignant une fonction de u et de v :

$$(4) \qquad \frac{\partial\alpha}{\partial v} = f\beta, \qquad \frac{\partial\beta}{\partial u} = f\alpha.$$

Il suit de l'égalité (3) que la caractéristique de Ω pour tout déplacement infiniment petit de M se compose de deux coniques.

Les contacts de Ω avec les surfaces (M), (N) [1] sont du second ordre.

---

[1] Si un élément géométrique φ (point ou ligne) est mobile, nous désignons son lieu par (φ).

Par conséquent, les courbures totales de ces surfaces sont proportionnelles aux quatrièmes puissances des distances du centre de Ω (supposé à distance finie) aux plans tangents aux points M, N.

2. Soient $\alpha = \Sigma \alpha_i x_i$, $\beta = \Sigma \beta_i x_i$. Si l'on porte ces expressions de α et de β dans les équations (4), on est conduit aux égalités

$$\frac{\partial \alpha_i}{\partial v} = f\beta_i, \qquad \frac{\partial \beta_i}{\partial u} = f\alpha_i. \tag{5}$$

L'égalité (3) donne l'équation de Ω :

$$\Omega = \sum_i \sum_k x_i x_k \int \alpha_i \alpha_k \, du + \beta_i \beta_k \, dv = 0.$$

On démontre, au moyen de cette équation, que si MN passe par un point fixe (avec lequel on pourra faire coïncider un des sommets du tétraèdre de référence), le plan polaire de ce point par rapport à Ω est fixe. Dans le cas contraire, en vertu des égalités (4), α, β sont les plans focaux de MN et u, v les paramètres des développables de la congruence (MN), et, en vertu des égalités (5), (MN) est la polaire de la congruence de M. Goursat la plus générale par rapport à la quadrique Q définie par l'équation $\Sigma x_i^2 = 0$ [1].

3. *La conjuguée de* MN *par rapport à* Ω *engendre la congruence de M. Goursat la plus générale.* Soit, en effet, Ω' la polaire de Ω par rapport à Q. Ω' n'a que deux points caractéristiques, à savoir les pôles M', N' par rapport à Q des plans tangents μ, ν à Ω en M, N. D'ailleurs, pour tout déplacement infiniment petit de M', la caractéristique de Ω' se compose de deux coniques. Par suite, la congruence (M' N') est la polaire par rapport à Q de la congruence de M. Goursat la plus générale. M' N' étant la conjuguée par rapport à Q de l'intersection i des plans μ, ν, le théorème est démontré. Ce théorème entraîne le suivant, dû à M. Godeaux : si la quadrique de Lie L d'une surface n'a que deux points caractéristiques et si la droite qui les joint ne passe pas par un point fixe, la conjuguée de cette droite par rapport à L engendre une congruence de M. Goursat.

4. Soit d la conjuguée d'une droite fixe par rapport à Ω. La droite MN porte une infinité simple de points décrivant des réseaux conjugués qui sont conjugués à (MN) et harmoniques à (d). La droite d porte une infinité

---

[1] La congruence (MN) correspond à la congruence de M. Goursat la plus générale dans la transformation dualistique la plus générale.

simple de points décrivant des réseaux conjugués qui sont conjugués à (d) et harmoniques à (i).

5. Soit O le pôle d'un plan fixe par rapport à Ω. Les développables des congruences (MO), (NO) découpent respectivement sur les surfaces (M), (N) des réseaux conjugués.

CORRESPONDANCE.

ALGÈBRE. — *Applications au cas abélien de la théorie des restes normiques dans les extensions galoisiennes.* Note de M. **Helmut Hasse**, transmise par M. Élie Cartan.

Nous conservons les notations d'une précédente Note [1], mais supposons maintenant K/k abélien. Le théorème réciproque de la théorie du corps de classes affirme que l'indice dont il s'agit au théorème de ladite Note atteint sa limite supérieure fn_0 [2]. Il en résulte les faits suivants :

Théorème I. — *Les u_ρ sont entiers, c'est-à-dire on a* $v_{\rho+1} \equiv v_\rho \pmod{n_0/n_\rho}$.

Théorème II. — *L'indice de restes normiques* mod $\mathfrak{p}^{u+1}$ *se multiplie par $n_{\rho-1}/n_\rho$ en passant par u_ρ, et n'atteint sa valeur maxima que pour $u = u_r$; c'est-à-dire que $\mathfrak{p}$-conducteur de K/k est $\mathfrak{f}_\mathfrak{p} = \mathfrak{p}^{u_r+1}$.*

Ces deux théorèmes fournissent une démonstration simple de la *Führerdiskriminantenformel*

$$\mathfrak{d}_\mathfrak{p} = \prod_\chi \mathfrak{f}_\mathfrak{p}(\chi),$$

où χ parcourt les caractères de $\mathfrak{G}$ et où $\mathfrak{f}_\mathfrak{p}(\chi)$ est le $\mathfrak{p}$-conducteur du corps $K(\chi)$ correspondant au sous-groupe $\mathfrak{U}(\chi)$ défini par $\chi = 1$. La démonstration découle, par l'emploi de moyens simples de la théorie des groupes, du théorème suivant, généralisant les propriétés extrémales bien connues des trois premiers corps de la suite de Hilbert :

---

(1) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 469.

(2) Cf. par exemple la démonstration purement locale de Herbrand-Chevalley, à paraître prochainement dans la Thèse de Chevalley. Ici nous complétons ces résultats en déterminant en outre la valeur exacte du $\mathfrak{p}$-conducteur $\mathfrak{f}_\mathfrak{p}$, ce qui n'était pas possible dans la première démonstration, à cause de l'élégant emploi qui y est fait des logarithmes $\mathfrak{p}$-adiques.

THÉORÈME III. — *Si $\overline{\mathrm{K}}$ est un sous-corps de K/k, et si K_s est le premier corps de ramification contenant $\overline{\mathrm{K}}$, le $\mathfrak{p}$-conducteur de $\overline{\mathrm{K}}$ est* $\bar{\mathfrak{f}}_{\mathfrak{p}} = \mathfrak{p}^{v_s+1}$ ([1]).

La démonstration du théorème III s'appuie sur l'extension donnée par Herbrand ([2]) de la théorie du corps galoisien de Hilbert. Herbrand a démontré que les nombres $\bar{v}_{\bar{\rho}}$, déterminés pour $\overline{\mathrm{K}}$ comme le sont les v_ρ pour K, ont les expressions suivantes :

$$\bar{v}_{\bar{\rho}} - \bar{v}_0 = \frac{\nu_0}{\nu_0}(v_1 - v_0) + \frac{\nu_1}{\nu_0}(v_2 - v_1) + \ldots + \frac{\nu_{r_{\bar{\rho}}-1}}{\nu_0}(v_{r_{\bar{\rho}}} - v_{r_{\bar{\rho}}-1})$$
$$(\bar{\rho} = 0, 1, \ldots, \bar{r}),$$

où ν_ρ = ordre $\mathfrak{U} \cap \mathfrak{V}_\rho$ ($\mathfrak{U}$: groupe correspondant à K); les $r_{\bar{\rho}}$ sont définis par cette condition que, dans la suite des $\mathfrak{U}\mathfrak{V}_\rho$, les sauts se produisent en passant de $\rho = r_{\bar{\rho}} - 1$ à $\rho = r_{\bar{\rho}}$. En particulier, le s du théorème III est égal au dernier des $r_{\bar{\rho}}$, ou encore à $r_{\bar{r}}$ ([3]).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'existence d'intégrales approchées de l'équation $y' = f(x, y)$.* Note ([4]) de M. G. **Van der Lyn.**

Soit $f(x, y)$ une fonction *mesurable* des deux variables x et y, finie et déterminée sur une pleine épaisseur d'un rectangle $\mathrm{R}(\alpha \leqq x \leqq \beta,\ \gamma \leqq y \leqq \delta)$. Nous appellerons *intégrale à ε près dans l'intervalle* (x_0, x_1), toute fonction continue $\varphi(x)$ dont la dérivée $\varphi'(x)$ vérifie l'inégalité

$$|\varphi'(x) - f[x, \varphi(x)]| \leqq \varepsilon,$$

sauf aux points d'un ensemble dont la mesure est inférieure à $\varepsilon|x_1 - x_0|$.

1. *Si $f(x, y)$ est approximativement continue en un point (x_0, y_0) du rectangle* R, *il existe, dans un intervalle (x_0, x_1) suffisamment petit, une intégrale à ε près $y = \varphi(x)$ prenant la valeur y_0 au point x_0. Si, de plus, la*

([1]) Ce théorème était déjà démontré dans mon travail antérieur : *Führer, Diskriminante und Verzweigungskörper relativ-Abescher Zahlkörper* (*Journ. für Math.*, **162**, 1930, p. 131). Voir, de plus, Ph. Vassiliou, *Journ. für Math.*, **169**, 1933, p. 131.

([2]) *Journ. de Math.*, **11**, 1932, p. 481.

([3]) Nos formules ne diffèrent que par les notations de celles de Herbrand. Elles entraînent bien entendu que les seconds membres sont entiers; mais ce résultat est plus faible que le théorème I, d'après lequel les u_ρ sont entiers, dont il est d'ailleurs une conséquence.

([4]) Séance du 16 août 1933.

fonction $f(x, y)$ *est bornée par les nombres* m *et* M *dans* R $(m \leqq M)$, *l'écart* $|\varphi'(x) - f[x, \varphi(x)]|$ *ne surpasse pas l'oscillation* $M - m$.

Supposons, pour fixer les idées, que l'on a $x_0 < x_1$. Nous pouvons supposer que l'on a $f(x_0, y_0) = 0$, car la transformation $z = y + x f(x_0, y_0)$ nous ramène à ce cas. Soient ω une valeur non nulle prise par la fonction $f(x, y)$, a un nombre positif et b un nombre de même signe que ω. Nous supposons en outre que $|a/b|$ est inférieur à la fois à $|\omega|$ et à $1/2\varepsilon|\omega|$. Soit H l'ensemble des points où l'on a $|f(x, y)| < \varepsilon$. La fonction $f(x, y)$ étant approximativement continue au point $(x_0 y_0)$, l'épaisseur de l'ensemble H est égale à 1 en ce point (¹). Les rectangles $r(h)$ définis par les deux sommets opposés $(x_0 y_0)$ et $(x_0 + ha, y_0 + hb)$, h étant un paramètre positif, forment une famille régulière. Par suite, pour une valeur assez petite de h, on a

$$\frac{\text{mes}\,\text{H}\,r(h)}{ab\,h^2} > 1 - \frac{\varepsilon}{2},$$

en désignant par $\text{mes}\,\text{H}.r(h)$ la mesure de l'ensemble des points communs à H et à $r(h)$. Il existe donc un nombre η compris entre 0 et hb et tel que la droite $y = y_0 + \eta$ coupe l'ensemble $\text{H}.r(h)$ suivant un ensemble e_η ayant une mesure linéaire supérieure à $(1 - \varepsilon/2)ah$.

Définissons la fonction $y = \varphi(x)$ dans l'intervalle $(x_0, x_0 + ah)$ comme valant $y_0 + \omega x$ pour x variant dans l'intervalle $(x_0, x_0 + \eta/\omega)$, et valant $y_0 + \eta$ pour x variant dans l'intervalle $(x_0 + \eta/\omega, x_0 + ah)$. L'écart $|\varphi'(x) - f[x, \varphi(x)]|$ est inférieur à ε, sauf peut-être aux points de l'intervalle $(x_0, x_0 + \eta/\omega)$ et aux points de l'intervalle $(x_0 + \eta/\omega, x_0 + ah)$ tels que $(x, y_0 + \eta)$ est étranger à e_η. Si E est l'ensemble de ces points on a

$$\text{mes}\,\text{E} \leqq \frac{\eta}{\omega} + ah - \text{mes}\,e_\eta \leqq \left|\frac{\eta}{\omega}\right| + \frac{\varepsilon}{2}ah \leqq \frac{h\,|b|}{|\omega|} + \frac{\varepsilon}{2}ah,$$

d'où

$$\text{mes}\,\text{E} < \varepsilon ah.$$

Remarquons enfin que la dérivée $\varphi'(x)$ ne prend que les valeurs 0 et ω

(¹) On dit que l'épaisseur d'un ensemble H est égale à 1 en un point P si, γ étant un carré de centre P, le rapport $\frac{\text{mes}\,\text{H}\gamma}{\text{mes}\,\gamma}$ tend vers 1 lorsque la mesure de γ tend vers zéro. On peut évidemment remplacer les carrés γ par des ensembles mesurables e dont la mesure tend vers zéro, à condition que ces ensembles appartiennent à une *famille régulière*.

qui sont deux valeurs de la fonction $f(x, y)$. Donc l'écart $|\varphi'(x) - f(x, y)|$ ne surpasse pas l'oscillation de la fonction $f(x, y)$ si celle-ci est bornée.

2. La fonction $f(x, y)$ étant seulement supposée mesurable, finie et déterminée sur une pleine épaisseur de R, *l'équation $y' = f(x, y)$ admet une intégrale à ε près dans l'intervalle (x_0, β), prenant la valeur y_0 pour $x = x_0$.*

Soit G l'ensemble des points où $f(x, y)$ n'est pas approximativement continue, et soit K l'ensemble des valeurs x' de x pour lesquelles la droite $x = x'$ coupe G suivant un ensemble épais. L'ensemble K peut être enfermé dans une somme d'intervalles σ non empiétants, de mesure totale inférieure à $\varepsilon'(\beta - x_0)$. Si $(x_1 y_1)$ est un point où $f(x, y)$ est approximativement continue, il existe des fonctions $y_\nu = \varphi_\nu(x)$, définies dans des intervalles (x_1, x_ν), telles que $\varphi_\nu(x_1) = y_1$, et telles que l'écart $|\varphi'_\nu(x) - f(x, y_\nu)|$ ne surpasse pas ε, sauf en un ensemble de points dont la partie extérieure aux intervalles σ a une mesure inférienre à $\varepsilon'(x_\nu - x_1)$. Comme il existe des points x_1 et x_ν respectivement arbitrairement voisins de x_0 et de β, et que ε' est arbitrairement petit, il est facile de compléter la définition d'une fonction $\varphi_\nu(x)$ dans les intervalles (x_0, x_1) et (x_ν, β) de manière à obtenir une intégrale à ε près de l'équation dans l'intervalle (x_0, β). L'emploi des nombres transfinis permettrait de construire de telles intégrales.

AÉRODYNAMIQUE EXPÉRIMENTALE. — *Sur le champ des vitesses à l'arrière des hélices aériennes propulsives.* Note (1) de M. **Jacques Valensi**, transmise par M. Henri Villat.

Comme suite à notre précédente Note (2), nous avons effectué de très nombreuses observations stroboscopiques sur des hélices (3), de diamètre 45cm différant entre elles par divers paramètres (pas, profil des sections, forme en plan, etc.). Ces observations étaient faites dans la veine libre de notre Tunnel depuis une section à 42cm en amont de l'hélice jusqu'à une section à 60cm en aval; nous décrirons seulement nos observations à l'aval de l'hélice.

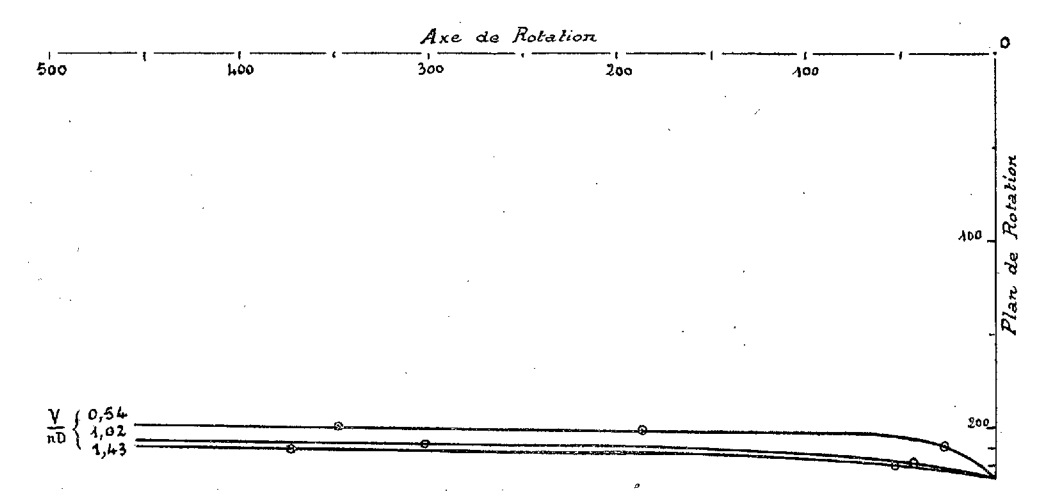
---

(1) Séance du 7 août 1933.

(2) *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1639.

(3) Hélice Ratier mono et bipale type S 9740 à trois décalages différents; hélice étudiée par Fage et Howard (*British Aeronautical Research Committee* R *et* M n° 565, 1919, fig. 1); Hélice à circulation constante selon Joukowski.

En général notre distributeur de fumée était fixé en amont de l'hélice à 40^{cm} dans le plan vertical passant par son axe et à une distance variable de cet axe. Quelle que soit l'hélice et quel que soit le régime d'utilisation depuis les faibles V/nD jusqu'à la traction nulle nous avons observé attachés à chaque pale deux tourbillons hélicoïdaux de pas égal et de sens de rotation opposés. Ces tourbillons s'échappent l'un de l'extrémité même de la pale et l'autre d'une région de la pale voisine du moyeu. Ils se présentent sous la forme de tubes hélicoïdaux au voisinage desquels la fumée décrit des spirales gauches dont le nombre et le rayon sont fonctions de la distance du point d'émission à la région du champ que l'on considère. Sur toute leur étendue ces tubes restent impénétrables à la fumée; le rayon de ces tubes va en croissant au fur et à mesure que l'on s'éloigne de l'hélice; il est indépendant de la position du point d'émission de fumée. Le tourbillon marginal s'enroule sur une surface de révolution dont la méridienne est fonction du régime d'utilisation. La figure montre l'évolution de la méridienne de la surface de révolution contenant l'axe du tourbillon marginal pour l'hélice Ratier type S 9740. La surface sur laquelle s'enroule l'axe du tourbillon du moyeu, plus malaisée à observer, semble être un cylindre de révolution de rayon constant 0,38 R à tous V/nD.



L'observation de la fumée dans une direction parallèle au plan vertical contenant l'axe de l'hélice nous a montré qu'exception faite du cas des faibles pas ($\leqq 0,60$) (¹) où la fumée reste approximativement localisée dans

(¹) *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1640.

ce plan, les filets de fumée se répartissent sur des hélices à grands pas, le pas de ces hélices étant une fonction croissante de V/nD. Au voisinage de la traction nulle la fumée reste approximativement localisée dans le plan vertical de l'axe. Nous n'avons pas observé de tourbillon en dehors du tourbillon marginal et du tourbillon du moyeu; nous avons observé dans les limites de notre veine libre et pour une hélice quelconque que sur l'étendue de la surface latérale d'un certain cylindre de révolution coaxial à l'hélice la direction de la vitesse instantanée reste approximativement constante au cours d'une révolution de l'hélice. Sur ce cylindre la fumée se place selon des hélices de très grand pas. Le rayon de ce cylindre correspond à la région de la pale donnant le maximum d'accroissement de pression totale mesurée selon le procédé utilisé par Stanton et Marshall (1). Il convient du reste de remarquer que les indications d'un Pitot ne peuvent représenter vitesse et pression moyennes que sur ce cylindre. Aussitôt que l'on s'éloigne en effet, la vitesse instantanée subit de telles variations de direction, que les indications du Pitot deviennent d'interprétation douteuse. Pareillement, on ne peut utiliser directement les indications de la fumée pour l'orientation du Pitot en mesures strobométriques que dans cette région.

ASTRONOMIE. — *Sur l'apparition d'une tache blanche à la surface de Saturne.* Note (2) de Mme **G. Camille Flammarion** et M. **F. Quénisset**, présentée par M. A. de La Baume Pluvinel.

Le 6 août 1933, à $0^h 50^m$ (T. U.) nous avons observé à la surface de la planète Saturne, à l'aide de l'équatorial de $0^m,24$ de l'Observatoire de Juvisy, une grande tache blanche, très frappante, que nous n'avions pas vue quelques jours auparavant. Elle était alors sur le limbe *suivant* (Est) de la planète, dans la zone équatoriale. De forme elliptique, allongée en longitude, sa blancheur contrastait vivement avec les régions voisines, plutôt grisâtres. Son aspect rappelait celui de la grande baie claire qui renferme la Tache rouge de Jupiter.

Par suite de la rotation rapide de Satune, cette tache est revenue en vue de la Terre le soir du 6 août, et nous avons pu déterminer l'heure de son passage au méridien central de la planète. Son extrémité *précédente* est

---

(1) *British Aeronautical Research Committee* R *et* M, n° 460, 1918, p. 5.

(2) Séance du 16 août 1933.

passée à 21^h45^m (T. U.), son milieu à 22^h10^m et son extrémité *suivante* à 22^h35^m; elle a donc mis 50 minutes à passer au méridien central, ce qui lui donne, en longitude, une longueur de 30° environ, correspondant, sur le globe de Saturne, à une étendue longitudinale supérieure à $31\,000^{km}$, presque deux fois et demie le diamètre de la Terre. Par irradiation, quand la tache passait au méridien central, elle paraissait occuper une longueur égale au tiers environ du diamètre du disque.

Il nous a semblé que son bord austral atténuait un peu la noirceur de l'anneau de crêpe, qui se projetait devant elle.

Les grandes taches, bien définies, sont rares à la surface de Saturne. Celle que nous venons d'observer se présente dans d'excellentes conditions pour la détermination de la période de rotation de la planète.

THERMODYNAMIQUE. — *Contribution à la théorie thermodynamique des liquides.* Note [1] de M. **Nicolas de Kolossowsky.**

Le potentiel thermodynamique d'un liquide peut être représenté par la formule suivante :

$$(1)\quad \Phi = U_0 - 4{,}573\,\mathfrak{C}T + \frac{\lambda_e}{T_e}T + (a - C_{pog})(1 + ln\,T_e)T - aT\,ln\,T + bT_eT - \frac{b}{2}T^2 + \frac{AV_0(p-1)}{1-kt} + AV_0m\left[p\left(1 + ln\frac{n+1}{n+p}\right) - n\,ln(n+p)\right],$$

U_0 étant l'énergie interne au zéro absolu; $\mathfrak{C}$, la constante chimique de la substance; T_e, la température d'ébullition sous la pression atmosphérique normale; λ_e, la chaleur latente moléculaire de vaporisation du liquide sous pression de 760^{mm}; C_{pog}, la chaleur moléculaire de la vapeur sous pression constante extrapolée jusqu'à la température du zéro absolu; V_0, le volume moléculaire du liquide à $t = 0°$C. et sous la pression d'une atmosphère; A, l'équivalent thermique du travail; k, le module de dilatation du liquide; a, b, m, n, des coefficients numériques constants, et enfin ln, le signe des logarithmes népériens.

En différentiant l'équation (1) par rapport à p et en divisant les deux membres par A, nous obtenons l'équation d'état du liquide sous la forme suivante :

$$(2)\quad \frac{1}{A}\left(\frac{\partial\Phi}{\partial p}\right)_T = V = \frac{V_0}{1-kt} - mV_0\,ln\frac{n+p}{n+1}.$$

(1) Séance du 16 août 1933.

Pour $p = 1$, cette formule nous conduit à la loi de dilatation de Mendelejew :

$$V = \frac{V_0}{1 - kt}. \tag{3}$$

Une seconde différentiation de l'équation (2) par rapport à p nous donne l'expression pour le coefficient de compressibilité β :

$$-\frac{1}{AV_0}\left(\frac{\partial^2 \Phi}{\partial p^2}\right)_T = \beta = \frac{m}{n + p}. \tag{4}$$

Cette formule représente la règle bien connue de Tait.

En différentiant l'équation (1) deux fois par rapport à T, nous obtenons d'abord l'expression de l'entropie du liquide et ensuite une formule donnant la chaleur moléculaire sous pression constante :

$$-\left(\frac{\partial \Phi}{\partial T}\right)_p = S = 4,573\,\mathfrak{C} - \frac{\lambda_e}{T_e} + C_{pog}(1 + ln T_e) - b(T_e - T) + a ln \frac{T}{T_e} + \frac{AV_0 k(1 - p)}{(1 - kt)^2} \tag{5}$$

et

$$-T\left(\frac{\partial^2 \Phi}{\partial T^2}\right)_p = C_p = a + bT + \frac{2AV_0 k^2(1 - p)T}{(1 - kt)^3}. \tag{6}$$

Quand $p = 1^{atm}$ cette dernière formule nous conduit à la règle établie en 1886 par Schiff :

$$C_p = a + bT, \tag{7}$$

selon laquelle la chaleur moléculaire d'un liquide est une fonction linéaire de la température.

Bref, la loi de Mendelejew et les règles de Tait et Schiff ne représentent que des cas particuliers de la formule (1), ce qui équivaut à une vérification expérimentale de cette dernière.

Enfin, en partant de la formule thermodynamique $\lambda = (S_g - S_l)T$, de l'égalité (5), où l'on posera $S = S_l$, et de l'expression connue pour l'entropie S_g d'un gaz parfait, on arrive à une relation donnant la chaleur latente moléculaire de vaporisation du liquide :

$$\lambda = \left(\frac{\lambda_e}{T_e} + bT_e - AR\, lnp\right)T - bT^2 + (C_{pg} - a)T\, ln\frac{T}{T_e} + \frac{AV_0 k(p - 1)T}{(1 - kt)^2}. \tag{8}$$

Ainsi, par exemple, pour le benzène, nous avons les valeurs numériques

suivantes :

$$\mathfrak{C} = -2,619, \quad V_0 = 0^l,0867379, \quad C_{pg} = 24,8, \quad T_c = 3537,7,$$
$$\lambda_c = 7,36, \quad k = 0,00119, \quad a = 0, \quad b = 0,1091,$$
$$m = 0,0974 \quad \text{et} \quad n = 1042,3.$$

En introduisant toutes ces grandeurs dans (8), nous pourrons calculer λ en fonction de T et de $p = f(T)$. Ainsi nous obtenons :

pour $T = 273°,2$, $\lambda = 8,15$ (valeurs expérimentales 8,28 et 8,39);
pour $T = 313°,2$, $\lambda = 7,85$ (valeurs expérimentales 7,86 et 7,89);
pour $T = 393°,2$, $\lambda = 6,67$ (valeur expérimentale 6,76) etc.

THERMODYNAMIQUE. — *Mesure des chaleurs spécifiques moléculaires de quelques liquides*. Note (¹) de MM. **Nicolas de Kolossowsky** et **W. W. Udowenko.**

La chaleur moléculaire C_p d'un liquide sous pression constante est reliée à l'entropie S et au potentiel thermodynamique Φ par les égalités suivantes :

$$(1) \qquad -\left(\frac{\partial^2\Phi}{\partial T^2}\right)_p = \left(\frac{\partial S}{\partial T}\right)_p = \frac{C_p}{T}.$$

Donc, pour avoir les valeurs des dérivées ci-dessus, il est nécessaire de déterminer expérimentalement la chaleur moléculaire sous pression constante. Dans ce but nous avons mesuré, à des températures voisines de la température ordinaire, les chaleurs moléculaires vraies de 18 liquides. Nous avons utilisé un calorimètre différentiel à chauffage électrique dont la description sera publiée ailleurs,

Les données obtenues sont réunies dans le tableau ci-après. Chaque nombre représente la moyenne de 3 à 10 déterminations; c_p est la chaleur spécifique et C_p la chaleur moléculaire à la température donnée; T représente la température absolue posée égale à $t + 273°,2$.

(¹) Séance du 16 août 1933.

Liquide.	Températures absolues extrêmes.	Températures absolues moyenne.	Nombre de mesures.	C_p. Valeurs extrêmes.	C_p. Valeur moyenne.	C_p.	$\left(\frac{\partial S}{\partial T}\right)_p$.
Benzène	287,3–288,7	287,87	10	0,3955–0,4079	0,4022	31,39	0,1090
Limonène $C^{10}H^{16}$	293,2–293,7	293,40	4	0,4368–0,4399	0,4380	59,62	0,2032
Sabinène $C^{10}H^{16}$	297,0–297,1	297,04	4	0,4402–0,4476	0,4431	60,32	0,2031
Tétrachlorméthane	287,7–288,9	288,31	10	0,1935–0,1992	0,1964	30,21	0,1047
Méthyléthylcétone	296,9–297,1	297,01	7	0,5290–0,5371	0,5336	38,45	0,1295
Anisol C^7H^8O	297,1–297,3	297,21	4	0,4192–0,4248	0,4227	45,68	0,1537
Linalool $C^{10}H^{18}O$	292,9–293,0	293,15	4	0,5725–0,5815	0,5777	89,05	0,3038
Pulégone $C^{10}H^{16}O$	293,2–293,5	293,38	3	0,4313–0,4328	0,4320	65,72	0,2240
Formiate d'éthyle	294,6–295,1	294,72	4	0,4710–0,4834	0,4776	35,37	0,1200
Butyrate d'éthyle	296,6–297,6	297,28	4	0,4524–0,4536	0,4530	52,60	0,1769
Acétate de butyle	292,4–292,7	292,56	4	0,4936–0,5014	0,4985	57,87	0,1978
Benzoate d'éthyle	292,5–293,0	292,75	8	0,3813–0,3879	0,3854	57,84	0,1969
Acétate de benzyle	292,6–292,8	292,71	5	0,3949–0,4019	0,3983	59,78	0,2042
Salicylate de méthyle	295,0–295,5	295,20	3	0,3907–0,3913	0,3910	64,16	0,2173
Carbonate d'éthyle	294,4–295,1	294,70	4	0,4250–0,4305	0,4267	50,38	0,1710
Malonate d'éthyle	294,3–295,0	294,64	3	0,4247–0,4256	0,4251	68,06	0,2310
Succinate d'éthyle	292,4–292,9	292,62	5	0,4603–0,4687	0,4639	80,77	0,2760
Acétylacétate d'éthyle	297,0–298,2	297,59	8	0,4550–0,4648	0,4597	59,80	0,2009

La moitié au moins de ces résultats est complètement nouvelle. Les auteurs expriment leur reconnaissance à M. Zuckerwanick qui a mis à leur disposition les produits purs employés, préparés au Laboratoire de Chimie organique de l'Université de l'Asie Moyenne.

SPECTROSCOPIE. — *Nouvelles données sur la structure du rayonnement K des atomes très légers.* Note (¹) de MM. **Max Morand** et **A. Hautot**, transmise par M. Ch. Fabry.

A. Hautot (²) a décrit la structure des raies K du carbone et du bore. La présente Note apporte quelques précisions relatives à ces deux raies ainsi que les données nouvelles concernant les raies K de l'oxygène, de l'azote et du béryllium.

La raie K de l'oxygène apparaît sur nos clichés comme une raie très fine

(¹) Séance du 16 août 1933.

(²) *Journal de Physique et le Radium*, 7ᵉ série, 4, v, 1923, p. 236.

ayant une largeur de $0^{mm},15$ soit 0,1 Å. Photographiée par la méthode du réseau plan tangent, cette raie a toujours été observée jusqu'ici avec une largeur au moins égale à 0,2 Å; la remarquable finesse de raie que nous observons démontre la supériorité du réseau concave tangent sur le réseau plan tangent au point de vue de la définition des raies (à condition cependant de réaliser un très bon règlage du reseau concave). La longueur d'onde de la raie de 23,6 Å, nombre concordant très bien avec celui de Söderman [1] (23,58) et celui de Prins [2] (23,58). Avec nos appareils actuels aucune structure fine de cette raie ne peut être décelée; mais il importe de signaler la présence d'un satellite de grande longueur d'onde, d'intensité assez faible et situé à 0,15 Å de la raie.

La raie K de l'azote, assez faible sur nos clichés, apparaît aussi comme une raie fine, plus large cependant que celle de l'oxygène; sa longueur d'onde est $31,8 \pm 0,2$ Å, nombre concordant également bien avec les estimations antérieures.

La structure de la raie K du carbone a déjà été décrite [3]; des mesures très précises nous ont amenés à modifier légèrement les nombres indiqués pour les intervalles entre les trois raies; il y a lieu de remplacer les nombres 0,2 Å et 0,7 Å par 0,4 Å et 0,6 Å respectivement (il n'est guère possible de donner des nombres plus précis, les trois raies K du carbone ayant une largeur de 0,2 Å environ et étant d'un type assez diffus). Les longueurs d'onde correspondantes sont donc respectivement 44,5 Å, 44,1 Å et 43,5 Å; elles diffèrent de 0,2 Å de celles données récemment par Prins [2] mais il y a lieu d'insister sur le caractère assez diffus de ces raies.

La structure de la raie K du bore a été également décrite ailleurs [3]; nous avons pu photographier dans d'assez bonnes conditions la raie large précédemment signalée. Voici quelques détails concernant sa structure : elle s'étend sur 2,5 Å environ et présente un bord très net du côté des courtes longueurs d'onde; la longueur d'onde correspondant à ce bord est 66,55 Å; un maximum très net d'intensité existe entre 66,55 Å et 67,55 Å; le côté des grandes longueurs d'onde est caractérisé par une intensité diminuant graduellement jusqu'à zéro.

---

(1) Söderman, *Philos. Magaz.*, 10, 1930, p. 600.
(2) Prins, *Zeitschr. für Phys.*, 81, 1933, p. 507.
(3) *Loc. cit.*

La raie K du béryllium apparaît également sous l'aspect d'une raie très large rappelant assez bien la précédente. Le bord de courte longueur d'onde, situé à 112,6 Å, est très net; le bord de grande longueur d'onde est mal défini, l'intensité diminuant graduellement jusqu'à zéro; la largeur totale de la raie est de 9 Å environ. D'autres raies apparaissent encore sur les clichés, mais il ne nous est pas possible actuellement de dire si elles appartiennent aux spectres du bore et du béryllium.

Les résultats expérimentaux ci-dessus apparaissent sous un jour très clair si l'on se reporte à une Note publiée ici-même par A. Hautot[1] : théoriquement, les raies K des éléments C, N et O doivent avoir une structure complexe, chaque composante étant bien définie; tandis que les raies K de Be et B, correspondant à des passages anormaux, doivent se présenter sous un aspect différent du type précédent.

En ce qui concerne le carbone, la structure observée correspond parfaitement à la structure théorique prévue. Pour l'oxygène et l'azote, dont les raies K sont très fines, la structure complexe ne peut être décelée avec nos appareils et si elle existe réellement, ne pourra être mise en évidence qu'à l'aide d'appareils encore plus dispersifs. Quant au bore et au béryllium, ils ont bien le rayonnement K anormal prévu; chez ces éléments, la raie K est remplacée par un rayonnement apparemment continu, ayant un bord net du côté des courtes longueurs d'onde et un bord dégradé du côté des grandes longueurs d'onde; à ce rayonnement semble devoir être ajoutée une raie fine de longeur d'onde un peu plus courte qui a déjà été signalée dans le cas du B[2].

MINÉRALOGIE. — *Sur la susceptibilité magnétique des magnétites de quelques roches éruptives basiques.* Note de MM. **G. Jouravsky**, **P. Charczenko** et **G. Choubert**.

La grande différence entre la susceptibilité de la magnétite et celle des autres constituants minéralogiques des roches éruptives rend *a priori* probable l'opinion suivant laquelle la susceptibilité de ces roches est due à la magnétite. De nombreux travaux ont été faits pour préciser la relation

(1) A. Hautot, *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1927.
(2) *Loc. cit.*

entre les propriétés magnétiques d'une roche et la quantité de magnétite qu'elle contient, mais les méthodes appliquées sont critiquables. L'extraction à l'aimant ordinaire (1) conduit à l'exagération de la quantité de magnétite par suite de l'existence de nombreux grains mixtes attirables. L'emploi du microscope pétrographique (2) ne permet pas de distinguer la magnétite de l'ilménite avec certitude; d'autre part, le calcul de minéraux opaques en grains fins dans une plaque mince conduit à l'exagération de leur quantité relative. Le calcul de la magnétite à partir de l'analyse globale de la roche (3) est hypothétique, l'oxyde ferrique pouvant faire partie d'autres minéraux. Enfin, avant d'accepter la méthode d'analyse fractionnelle appliquée par Brun (4), il faudrait démontrer l'impossibilité de l'attaque partielle de l'ilménite dans les conditions de l'expérience (5).

Pour résoudre le problème posé nous avons appliqué une méthode nouvelle, permettant, d'une part, la distinction nette de l'ilménite et de la magnétite et le calcul de la quantité de cette dernière et, d'autre part, la vérification dans certains cas par des mesures magnétiques directes du résultat de ce calcul.

La quantité de magnétite a été déterminée au moyen de la platine de Shand adaptée sur le microscope métallographique. L'ilménite dans les roches étudiées a tendance à former des cristaux aplatis fortement biréflectant, insensibles à l'attaque par HCl et HI concentrés dans un temps nécessaire à l'attaque de la magnétite. Celle-ci se présente en général en plages arrondies et isotropes attaquables par HCl et HI dans des délais de temps variant de 30^s à 10^m.

Les mesures avec la platine de Shand ont été effectuées sur des surfaces des roches polies et attaquées, la distinction de la magnétite devenant ainsi beaucoup plus aisée. Les mesures de la susceptibilité magnétique (massique) données dans le tableau ci-après ont été faites dans un champ de 2 gauss environ à l'aide d'un magnétomètre, pareil à celui décrit par E. Thellier (6), sur des roches broyées, passées au tamis 50 et tassées dans

(1) Pockels, *Ann. der Physik*, 63, 1897, p. 195; Folgheraiter, *Rend. Ac. Linc.*, 5e série, 2e semestre 1894, 3, p. 66.

(2) Turcev, *Bulletin Ac. Sc. de U. R. S. S.*, 1, 1928, p. 89; Grenet, *Ann. d. Phys.*, 10e série, 13, 1930, p. 263.

(3) Jacquet, *Thèse*, Paris, 1928.

(4) *Arch. Sc. Ph. et Nat.*, 5e série, 6, 1924, p. 244.

(5) Thiébaut, *Thèse*, 1925, p. 39.

(6) *Ann. de l'Inst. Phys. du Globe*, Paris, 10, 1932, p. 115.

des tubes de verre. La magnétite cristallisée et la titanomagnétite ont été broyées et mélangées avec la poudre de NaCl.

On attribue (GRENET, *op. cit.*, p. 296) aux différents éléments des roches, autres que la magnétite, des susceptibilités peu élevées. Nos mesures faites sur un gabbro ont démontré le même fait. A cet effet nous avons divisé cette roche, réduite en poudre, en plusieurs fractions par les liqueurs denses et par un faible aimant ordinaire et mesuré leurs susceptibilités à l'aide de la balance Curie. Les parties silicatées ont montré des susceptibilités très faibles; la fraction ilménitique, une susceptibilité plus forte, environ 3 pour 100 de celle de la magnétite. Pratiquement elle est aussi négligeable. Nous admettons donc que dans le cas des roches éruptives de susceptibilité élevée de l'ordre 10^{-3} U. E. M. C. G. S. elle est due sensiblement à la magnétite seule.

D'autre part l'étude des fractions magnétiques du gabbro 54 nous a permis de vérifier la précision de notre méthode statistique de calcul de la quantité de magnétite. En effet, l'examen au microscope métallographique de la fraction lourde du gabbro attirable par un faible aimant, nous a démontré que cette partie contenait 83 pour 100 de la magnétite. Les mesures effectuées à l'aide de la balance Curie ont donné le rapport de la susceptibilité de la magnétique à celle de la roche. Ce rapport étant égal à 53,9, il est facile de voir que le pourcentage de la magnétite dans le gabbro devrait être 1,86 pour 100. Or, les mesures à l'aide de la platine de Shand ont donné 1,9 pour 100.

Le fait que la susceptibilité des roches éruptives ne dépend que de la magnétite nous a permis de calculer la susceptibilité de cette magnétite à partir de son pourcentage dans la roche (mesuré à l'aide de la platine de Shand) et de la susceptibilité de celle-ci. Les résultats de nos mesures sont exposés dans le tableau ci-après. Outre quatre roches nous avons étudié un bel octaèdre de magnétite et une titanomagnétite en grains de dimensions notables provenant de sables basaltiques (1).

---

(1) *Analyse, in* A. LACROIX, *Min. de Madagascar*, 1, p. 334.

Nature de la roche.	Localité.	Masse en pour 100 (platine de Shand)		Durée d'attaque.	Susceptibil. massique	
		magnétite.	ilménite.		de la roche (magnétom.) ($10^6\chi$).	de la magnétite de la roche (calculée) ($10^6\chi$).
Magnétite cristallisée	Port Henry (États-Unis)	-	-	30^s (HCl)	57500	-
Titanomagnétite ($d=4,50$)...	Ankaratra (Madagascar)	-	-	10^m (HCl)	49500	-
Gabbro 54 ($d=2,90$).......	St Quay-Portrieux (Côtes-du-Nord)	1,9	1,8	75^s (HI)	670	35000
Dolérite D[26] ($d=3,01$)......	W. Sahatavy (Madagascar)	4,6	5,1	30^s (HCl)	1393	30000
Basalte ($d=2,92$)..........	Bekotapo (Madagascar)	3,3	2,2	2^m (HCl)	915	28000
Basalte ($d=2,87$)..........	Coulée de Pardines (Puy-de-Dôme)	5,4	absent	10^m (HCl)	2000	37000

Les résultats obtenus semblent indiquer la diminution de la susceptibilité apparente de la magnétite des roches éruptives basiques par rapport à celle de la magnétite pure. La titanomagnétite présente un intérêt spécial car elle est homogène, isotrope et très magnétique, mais d'une composition chimique complexe et différente de celle de la magnétite pure. D'autre part, cette titanomagnétite accuse une susceptibilité notablement moindre que la magnétite pure, elle forme ainsi, au point de vue magnétique et peut-être chimique (1), un terme de passage aux magnétites des roches étudiées.

Ces résultats sont en concordance avec la variabilité d'autres propriétés des magnétites des roches éruptives : inégale facilité d'attaque par HCl et variations du point de Curie (2).

SISMOLOGIE. — *Nature discontinue des ondes de Love.*
Note de M. **J. Coulomb**, transmise par M. M. Brillouin.

I. On trouve aisément, au début des ondes superficielles des tremblements de terre, les ondes transversales sans composante verticale dont une théorie a été donnée par Love. Mais on n'obtient pas de bons résultats

(1) Ödmann, *Geol. Fören. Förhandl.*, 54, H. 3, 1932, p. 285.
(2) Jacquet, *loc. cit.*; Chevalier et Pierre, *Ann. Phys.*, 10e série, 18, 1932, p. 383.

en comparant aux enregistrements les lois de dispersion fournies par cette théorie, ou par toute autre (couches multiples, variation continue des propriétés élastiques, etc.). On a voulu tenir compte (¹) d'une remarque ancienne de Jeffreys (²) sur la prépondérance des ondes correspondant à un minimum de la vitesse de groupe. Les circonstances qui devraient accompagner ce minimum n'apparaissent guère sur les enregistrements. On observe par contre le phénomène suivant :

La pseudo-période, généralement décroissante, reste parfois stationnaire pendant plusieurs oscillations. La courbe donnant la vitesse en fonction de la période présente donc un ou plusieurs points singuliers à tangente verticale. Cet aspect caractéristique a déjà été signalé (³). Les points singuliers variant avec l'enregistrement, l'aspect disparaît si l'on réunit les données de plusieurs séismes, ou d'un même séisme en des stations distantes.

II. Cette remarque permet peut-être de décider entre deux conceptions des ondes de Love. Admettons d'abord, comme on fait généralement, qu'elles forment un train d'ondes où soit représenté un large intervalle de périodes, la courbe de dispersion présentant les points singuliers précédents. Écrivons l'expression d'un signal quelconque :

$$u = \frac{1}{2\pi}\int_0^\infty f(p)\cos(fx - pt)\,dp. \tag{1}$$

La vitesse de groupe est $c = dp/df$.

La valeur approchée de u, fournie par la méthode de phase stationnaire, au voisinage de (x, t), est

$$u = \left\{2\pi x\left|\frac{d^2f}{dp^2}\right|_0\right\}^{-\frac{1}{2}} f(p_0)\cos\left(f_0 x - p_0 t \pm \frac{\pi}{4}\right), \tag{2}$$

p_0 étant donné par $x - c_0 t = 0$.

En un point singulier, dc/df, donc dc/dp et d^2f/dp^2 sont infinis; c'est l'opposé du cas de Jeffreys où ces quantités sont nulles. La formule (2) donne alors $u = 0$ au voisinage de la période correspondante. C'est que l'approximation de Kelvin n'est plus valable. La contribution de ces périodes sera faible sans être nulle. Nous allons préciser.

(¹) Cf. B. GUTENBERG, *Handbuch der Geophysik*, 4, *Abschnitt* I, § 43.

(²) *Monthly Notices Roy. Astr. Soc.*, *Geophysical Suppl.* 1, n° 6, p. 286.

(³) W. ROHRBACH, *Zs. f. Geophysik*, 8, 1932, p. 113; Mme Y. LABROUSTE, 66e *Congrès des Sociétés savantes*, Toulouse, 1933.

La courbe $c(p)$ ou $p(c)$ étant la donnée, admettons que l'on ait

$$\left(\frac{dp}{dc}\right)_0 = 0, \qquad \left(\frac{d^2p}{dc^2}\right)_0 = 0, \qquad \left(\frac{d^3p}{dc^3}\right)_0 < 0,$$

l'indice zéro étant maintenant relatif au point singulier. On peut écrire le développement

$$p = p_0 + \frac{1}{6}p_0'''(c-c_0)^3 + \frac{1}{24}p_0^{\text{IV}}(c-c_0)^4 + O(c-c_0)^5,$$

d'où l'on peut déduire

$$f = f_0 + \frac{1}{6c_0}p_0'''(c-c_0)^3 + \frac{1}{24c_0}\left(p_0^{\text{IV}} - \frac{3}{c_0}p_0''\right)(c-c_0)^4 + O(c-c_0)^5,$$

et par comparaison

$$f = f_0 + \frac{1}{c_0}(p-p_0) - \frac{6^{\frac{4}{3}}}{8c_0^2}(p_0''')^{-\frac{1}{3}}(p-p_0)^{\frac{4}{3}} + O(p-p_0)^{\frac{5}{3}}.$$

Portant dans (1), et procédant comme à l'ordinaire, on obtient pour la contribution à u des périodes voisines de $2\pi/p_0$ la valeur approchée

$$(3) \qquad u = (\theta x)^{-\frac{3}{4}} f(p_0)\cos(f_0 x - p_0 t)\int_{-\infty}^{\infty}\cos\left(mv + v^{\frac{4}{3}}\right)dv,$$

où

$$\theta = -\frac{6^{\frac{4}{3}}}{8c_0^2}(p_0''')^{-\frac{1}{3}}, \qquad m = \frac{x - c_0 t}{c_0(\theta x)^{\frac{3}{4}}}.$$

L'intégrale est convergente [1]. Elle peut s'exprimer sous la forme

$$\frac{3}{2}\sum_{k=0}^{\infty}\frac{m^{2k}}{(2k)!}\cos\frac{14k+3}{8}\pi \times \Gamma\left[\frac{3}{4}(2k+1)\right] = 0{,}338\ldots + O(m^2).$$

Mise à part la variation de $f(p)$, les formules (2) et (3) fournissent des amplitudes en $x^{-\frac{1}{2}}$ et $x^{-\frac{3}{4}}$ respectivement. On devrait donc attendre une diminution relative d'amplitude au voisinage des points singuliers. *C'est le contraire que l'on observe.*

III. On est ainsi conduit à l'autre conception, celle d'une suite discon-

---

[1] On peut montrer que $\int_0^{\infty}\cos f(v)\,dv$ converge si $f'(v)$ croît indéfiniment avec v.

tinue de trains comprenant chacun les périodes voisines d'une des périodes stationnaires. Le « point singulier » correspond alors à l'instant où le train prédomine, donc à son maximum d'amplitude, et en général à un maximum de l'enregistrement [1]. Mme Y. Labrouste [2] a isolé, sur un enregistrement d'Uccle, des trains symétriques, assez semblables à ceux qu'on trouve tout séparés dans la coda. Quant à l'explication de cette structure, elle fait encore défaut. H. Jeffreys a bien étudié [3] les ondes de Love engendrées par une rotation brusque (un peu spéciale) dans un milieu surmonté d'une couche plane. Il a obtenu, à partir de l'arrivée des S, une série d'impulsions correspondant aux ondes réfléchies 0, 1, 2, ... fois dans la couche et transmises par diffraction le long du fond. Mais l'analogie reste qualitative. L'explication devra probablement rester valable pour les ondes de Rayleigh qui présentent, quoique moins nettement, les mêmes phénomènes [4].

MÉTÉOROLOGIE. — *La visibilité du Mont-Blanc à partir de l'Observatoire de Fourvière, à Lyon.* Note [5] de M. **Claudius Limb**, transmise par M. Ch. Maurain.

M. André Allix [6], comparant les observations de visibilité faites pendant les deux groupes d'années de 1894 à 1900 et 1925 à 1931, à l'Observatoire de Fourvière, faisait ressortir un obscurcissement très notable de l'atmosphère lyonnaise, pendant cette période de 30 années, la visibilité moyenne étant devenue inférieure à la moitié de ce qu'elle était au début.

Sans pouvoir l'affirmer formellement, il estimait qu'il paraissait probable que cette baisse de transparence devait être attribuée surtout à la teneur plus grande de l'atmosphère en particules solides suspendues, dues, en somme, au brouillard industriel : charbon ou fumées diverses.

---

(1) W. Rohrbach, *loc. cit.*

(2) Mme Y. Labrouste, *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 344.

(3) *Gerlands Beiträge z. Geophysik*, 30, 1931, p. 336-350.

(4) Cf. W. Rohrbach, *loc. cit.*; M. et Mme H. Labrouste, *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 176.

(5) Séance du 16 août 1933.

(6) *Comptes rendus*, **195**, 1932, p. 1301.

De son côté, M. Ph. Flajolet, météorologiste à l'Observatoire de Saint-Genis-Laval, par une Note du 9 janvier 1933, trouvait, d'après les observations de Saint-Genis, que si l'accord était très bon pendant la dernière période de 1925 à 1931, il en était autrement pour la première période de 1894 à 1900, pendant laquelle les visibilités notées à Fourvière sont au contraire deux ou trois fois plus nombreuses qu'à Saint-Genis.

Nous avons donc examiné d'un peu plus près la question, et nous en avons conclu que les résultats observés à cette époque, de chaque Observatoire, pouvaient en réalité se trouver en désaccord.

Il y a d'abord lieu de remarquer que les points de vue, à partir de chacun des deux Observatoires, sont nettement différents. Pour nous en rendre compte, nous avons fait figurer sur la carte d'État-Major au 320000e, sur laquelle se trouvent Saint-Genis-Laval, Fourvière et la cote 4810^m du Mont-Blanc, les deux Observatoires, chacun par un point, ce qui a été possible en consultant la carte au 80000e, à plus grande échelle, sur laquelle sont portées explicitement les deux stations.

Nous avons fait tracer par un dessinateur professionnel les deux lignes allant de chacun des deux points à la cote 4810^m; avec un bon rapporteur, on a mesuré les angles que font chacune des lignes avec les coordonnées géographiques figurant les deux Observatoires.

Avec le même rapporteur, il a été facile ensuite de reporter les deux lignes figurant les deux rayons visuels, sur la carte au 80000e, à grande échelle, donnant de nombreux détails.

On voit alors que le rayon visuel Saint-Genis-Mont-Blanc passe dans la commune de Saint-Fons, un peu au sud du confluent du Rhône et de la Saône, et tout juste au-dessus de l'usine de Saint-Gobain.

Celui de Fourvière au contraire traverse seulement la partie Nord de la commune de Villeurbanne, dans le quartier des Charpennes.

Or, en 1894 des usines nombreuses existaient déjà à Saint-Fons, et notamment l'usine de Saint-Gobain, tandis qu'aux Charpennes il y en avait déjà quelques-unes, il est vrai, mais elles ne pullulaient pas, pour ainsi dire, comme pendant la dernière période de 1925 à 1931, période de grande activité industrielle.

Il n'y aurait donc rien d'étonnant que, de ce fait seul, les visibilités du Mont-Blanc fussent restées à peu près les mêmes de Saint-Genis-Laval, alors que de Fourvière elles eussent très notablement diminué, de façon à devenir comparables à celles de Saint-Genis.

Il est bien difficile, malgré tout, d'admettre que les fumées soient sans importance, celles de Saint-Fons notamment constituant un véritable gisement de brouillard industriel [1].

Nous devons dire aussi que l'observateur très consciencieux qui avait relevé les visibilités de 1894 à 1900, aujourd'hui décédé, mais que nous avons bien connu et utilisé jadis, tout en n'ayant aucune raison de noter des visibilités inexistantes, prenait son service de garde de la Basilique dès 5^h du matin, et ne se contentait pas de noter les visibilités du Mont-Blanc aux heures fixes des autres observations météorologiques, mais pendant tout le jour, passant une demi-journée sur la terrasse de Fourvière, l'autre en haut de la tour Nord-Est accessible aux visiteurs. Il a donc dû relever des visibilités qui ont pu échapper à l'observateur de Saint-Genis.

Mais il existe une autre cause due au brouillard météorologique, qui était différent aux deux époques. En 1894-1900, le brouillard très dense, rendant la circulation en ville bien difficile, était produit surtout par la Saône; mais il n'atteignait guère que 60 à 80^m au-dessus des quais. De la terrasse située à 120^m, et bien mieux encore du haut de la tour, à 170^m, on avait une très bonne visibilité.

Ce brouillard qui planait sur Lyon se concentrait sur la presqu'île, vers le confluent du Rhône et de la Saône; puis souvent était entraîné par vent NE, se mélangeait à la brume de la vallée du Rhône, et finissait par prendre de l'altitude, justement dans la région traversée par le rayon visuel Saint-Genis-Mont-Blanc.

Il n'y a donc rien d'étonnant encore que, de ce fait également, la visibilité fût moins bonne à Saint-Genis qu'à Fourvière.

Aujourd'hui le brouillard est produit le plus souvent par le Rhône, et c'est encore une cause d'égalisation des visibilités des deux Observatoires.

En résumé, les deux Communications de MM. André Allix et Ph. Flajolet, quoique donnant des résultats très nettement différents pour la période 1894-1900, nous paraissent néanmoins représenter l'une et l'autre l'exacte réalité des faits observés de chacune des deux stations Saint-Genis-Laval et Fourvière.

---

(1) M. le Capitaine Sève, du 35e d'Aviation, en a relevé la carte, à plusieurs reprises, à bord de son avion.

GÉNÉTIQUE. — *Sur quelques caractères intermédiaires des hybrides de deuxième génération entre espèces de* Pisum (P. sativum *avec* P. arvense). Note (¹) de Mlle **C. Bourdouil**, présentée par M. L. Blaringhem.

Les hybrides (F_1) (1932) de *Pisum sativum* (var. Le Délicieux), à grandes cosses et à graines ridées et de *Pisum arvense* à graines lisses et petites cosses ont été cultivés côte à côte avec les parents à Bellevue (Seine-et-Oise). On observe en (F_1) la dominance de la plus haute taille sur la plus petite; les cosses ont une taille intermédiaire entre celle des parents.

Le tégument des graines (F_2) (1933) est uniformément brun piqueté de violet, caractère de *P. arvense*. Ce tégument étant celui de l'ovule appartient en effet à la génération (F_1) ce qui explique l'uniformité de ce caractère et sa dominance sur l'absence de pigmentation de la pellicule de *P. sativum*. Par contre, les cotylédons qui appartiennent à l'embryon (F_2) présentent une disjonction pour les caractères ridé et lisse d'une part, vert et jaune d'autre part. Beaucoup de graines comptées comme lisses présentent à leur surface de légères dépressions qui, dans certains cas (1/10e environ), sont suffisamment accentuées pour donner l'impression que ce sont des intermédiaires.

Ces intermédiaires étant difficiles à reconnaître au seul aspect, nous les avons classés avec les types lisses et nous obtenons ainsi les proportions suivantes : I. Ridés = 312 : II (Lisses + intermédiaires) = 1084, soit 1 : 3,4. Cette proportion est assez voisine de celle obtenue dans les croisements entre variétés à grains ridés et à grains lisses de *P. sativum*, mais nous n'avions, dans ces croisements entre variétés pour la classe II, que des graines à déformations légères et caractères physiques et chimiques les rapprochant très sensiblement du parent à graines lisses.

Dans le croisement de *P. sativum-P. arvense*; l'étude du *pouvoir d'imbibition* de quelques graines prises individuellement permet de mettre en évidence les types intermédiaires. La maturation et la dessiccation ayant été normales en 1933, on peut tenir compte des chiffres fournis exprimant le rapport entre le poids de la graine imbibée après 40 heures de

(¹) Séance du 16 août 1933.

trempe et celui de la graine séchée dans les conditions ordinaires et préalablement pesée (contenant 10 à 12 pour 100 d'eau). Ces coefficients d'imbibition sont :

I.	Ridés	2,5	2,54	2,58	2,6
II.	Intermédiaires	2,1	2,15	2,2	2,38
	Lisses	1,93	2,0	2,04	2,1

Les graines intermédiaires ont été choisies parmi celles dont l'aspect est le plus voisin de celui de la graine ridée. On voit que certaines se rapprochent du type lisse; mais d'autres ont des pouvoirs d'imbibition nettement intermédiaires.

L'existence de graines intermédiaires est d'autre part confirmée par le *dosage de l'amidon* renfermé dans chaque graine prise séparément :

Une graine débarrassée de sa pellicule est broyée au mortier; la poudre est pesée et enveloppée dans du papier filtre de façon à éviter les pertes de substance pendant le traitement; le petit paquet ainsi constitué est épuisé à l'alcool bouillant de façon à débarrasser la poudre des sucres solubles. Le dosage de l'amidon est effectué sur le résidu insoluble.

Nous avons obtenu les chiffres suivants (pour 100^g de graines) :

I.	Ridés	18	19	–
II.	Intermédiaires	26	28	29
	Lisses	30	34	–

Enfin, en ce qui concerne le *poids des graines* il est difficile d'observer en (F_2) une véritable disjonction; ce caractère dépend de plusieurs facteurs en particulier de la nutrition de l'ovule, le poids de la graine étant nettement fonction en première génération de celui de la graine de la plante mère [1]. Les plantes (F_1) étant en général assez uniformes il n'y a pas lieu de supposer l'intervention de la quantité de matériaux fournis à l'ovule pour réaliser une disjonction; seules peuvent entrer en jeu les propriétés catalytiques propres à l'embryon comme, par exemple, le pouvoir de condensation des glucides simples en amidon [2]. La plante mère agit donc dans le sens de l'uniformité, l'embryon dans celui d'une disjonction. Nous

(1) *Bull. Muséum*, 2e série, 4, VI, 1932, p. 777.
(2) *Comptes rendus*, 195, XXV, 1932, p. 1317.

laissons de côté les plantes et les graines rogues trouvées exceptionnellement dans la récolte, ces cas méritant une étude séparée.

Nous avons pris les poids moyens d'une graine chez une suite de plantes de seconde génération; la moyenne de ces poids a donné pour une graine hybride (F_2) : $0^g,23$; celui des parents étant $0^g,39$ pour le pois « Le Délicieux » et 0^g14 pour le *P. arvense*. Dans le cas du croisement de deux pois à graines lisses *P. sativum* très hâtif d'Arras $\times$ *P. arvense*, les chiffres trouvés sont : 0^g18 pour l'hybride (F_2); $0^g,29$ pour le pois « Très hâtif d'Arras ». Le poids moyen d'une graine (F_2) est donc intermédiaire de celui des parents et se rapproche sensiblement du poids de la variété la plus légère.

Pour conclure, en classant les formes intermédiaires avec les formes lisses on obtient la disjonction mendelienne 1 ridé : 3 lisses. L'étude des intermédiaires au point de vue soit de l'imbibition soit de la teneur en amidon, indique l'existence de cet état. Enfin le poids moyen d'une graine (F_2) est intermédiaire et se rapproche toutefois du poids moyen du parent le plus léger.

ZOOLOGIE. — *Sur la présence de spicules siliceux dans les téguments des Oncidiadés.* Note (¹) de M. **Alphonse Labbé**, transmise par M. Joubin.

Dans un lot de Mollusques provenant du voyage de LL. AA. RR. le prince et la princesse Léopold de Belgique aux Indes néerlandaises (Musée de Bruxelles), se trouvaient deux *Oncidiella* que je crois devoir rapporter à *Oncidiella patelloïdes* Quoy et Gaimard, et à *O. maculata* Plate, et qui présentaient un caractère nouveau.

Sur des coupes du manteau se trouvent, au-dessous de l'épiderme, plusieurs couches de corps allongés, pressés les uns contre les autres, et qui ressemblent à des spicules; ces formations avaient été, jusqu'ici, décrites comme des glandes. Ce sont, en réalité, des spicules minéraux, vaguement cylindroïdes, à section circulaire, et à extrémités arrondies,

(¹) Séance du 10 juillet 1933.

plus ou moins bosselés et recourbés, mais toujours monaxones et ressemblant aux spicules de certains Doridiens; leur longueur moyenne est de 40-60$^{\mu}$ pour une largeur de 8-12$^{\mu}$, mais il en existe parfois de plus petits, ne dépassant pas 10-20$^{\mu}$. Ils sont entourés d'une capsule conjonctive et se teintent faiblement par les colorants acides ou basiques.

La découverte de ces spicules, non encore signalés chez les Oncidiadés, ne présenterait qu'un intérêt secondaire chez un Mollusque sans coquille, si ces spicules étaient calcaires. Mais le fait remarquable est qu'ils sont formés de *silice*.

J'ai constaté, en effet, qu'ils étaient inattaquables et indéformables par les acides et les bases fortes. M. E. Lassausse a essayé la réaction classique de Villiers, qui a été positive.

Un fragment de tégument est hydrolysé par ébullition dans l'acide nitrique fumant; le liquide obtenu étant évaporé dans une petite capsule de platine, et incinéré, on obtient un résidu minéral très faible. Sur ce résidu, on place une trace de fluorure de calcium et une ou deux gouttes d'acide sulfurique pur; on couvre la capsule d'une plaque de verre, à la face inférieure de laquelle on a déposé une petite goutte d'eau, et la capsule, couverte de cette plaque, est placée sur un bain-marie tiède. En l'espace de 20 secondes, on voit alors se former autour de la goutte d'eau un anneau opaque de silice. Bien entendu, un essai à blanc a été fait pour vérifier le fluorure de calcium, qui dans les mêmes conditions ne donnait pas d'anneau.

C'est la première fois, à ma connaissance, qu'on observe des spicules siliceux chez des organismes autres que les Protozoaires et les Éponges : la silice existe chez presque tous les animaux et notamment dans les coquilles de Gastéropodes, en quantité dosable, mais non à l'état figuré.

Le fait pose divers problèmes intéressants; il est certain que cette silice vient de l'eau de mer, qui contient environ 3×10^{-4} pour 100 de silice (Vernadzky); il faut cependant noter que la teneur en silice est presque nulle dans les récifs de coraux de la Nouvelle-Guinée où vivaient nos *Oncidiella* et, en général, là où le calcium abonde; les silicates de calcium et de magnésium sont rares dans les fonds sous-marins; mais la silice provenant de la décomposition des feldspaths pourrait être combinée avec l'alumine dans les argiles du fond. On ne connaît pas, d'ailleurs, les équilibres de l'acide silicique et des silicates avec les carbonates.

Les spicules des *Oncidiella* sont probablement formés d'opale, c'est-à-dire de silice hydratée. Chez les Éponges siliceuses, dans les spicules, la silice se dépose en lamelles concentriques de silice colloïdale alternant avec des

lamelles de substance organique. Chez les *Oncidiella*, la structure des spicules semble absolument homogène, sans stries concentriques, et ils n'accusent ni changement de forme ni diminution de volume si on les traite par les acides forts ; si donc la silice est associée avec une protéine, celle-ci est en quantité insignifiante.

Quant à l'origine de la formation des spicules, elle paraît se trouver dans les glandes unicellulaires que l'on voit de place en place, et qui ont sensiblement les mêmes dimensions que les spicules; ces glandes traitées par l'acide nitrique pur montrent un contenu insoluble, pulvérulent, ressemblant à celui des cellules à sable des Solanées. On peut supposer que ces glandes élaborent des silicates (sodium, calcium, potassium, magnésium ?); l'acide carbonique respiratoire mettrait en liberté la silice qui se précipiterait en un spicule à peine plus petit que la cellule où il s'est formé. On peut supposer aussi que la cellule forme un gel de silice colloïdale avec forte proportion d'eau, comme Dendy l'a signalé chez des Éponges australiennes (*Collosclerophora*), qui se déshydraterait progressivement (1). Comme nous l'avons dit, les spicules des *Oncidiella* sont très pressés les uns contre les autres et forment dans le notæum et l'hyponotum une enveloppe siliceuse sous-épidermique continue. Cette couche spiculaire s'arrête à la zone des grosses glandes hyponotales pluricellulaires, caractéristiques des *Oncidiella*, et n'existe pas dans le pied.

Je ne puis affirmer son existence que chez les espèces susmentionnées. Mais il est possible que la silice se trouve sous forme figurée dans d'autres organes des *Oncidiella*.

Nous croyons qu'il sera prudent de vérifier désormais la constitution chimique des spicules de certains animaux marins que, *a priori*, on a considéré jusqu'ici comme formés de carbonate de calcium. En tout cas, il est indubitable que des spicules siliceux peuvent exister chez les Mollusques et que ces animaux, qui fixent ordinairement le calcium, peuvent aussi fixer la silice, sous forme figurée; les *Oncidiella* présentent même cette particularité d'avoir une coquille calcaire à l'état larvaire, et un revêtement siliceux à l'état adulte.

---

(1) *Proc. Roy. Soc.*, B, 89, 1916, p. 315, et *Nature*, 97, 1916, p. 253.

BIOLOGIE PHYSIOCHIMIQUE. — *Rôle des cellules embryonnaires dans la culture du virus de la peste aviaire.* Note [1] de M. **Harry Plotz**, transmise par M. J. Perrin.

De mes travaux antérieurs publiés depuis 1932 par les *Comptes rendus de la Société de Biologie*, il semble résulter que la croissance du virus n'est pas imputable à une *sécrétion* cellulaire et que l'influence exercée par les cellules embryonnaires sur la culture du virus de la peste aviaire n'a pas un caractère proprement spécifique. On est conduit à se demander si l'état physicochimique du milieu cellulaire, et en particulier son équilibre d'oxydo-réduction, n'est pas le facteur essentiel de la croissance du virus. On constate en effet que, si par l'addition d'une certaine quantité de liquide de Drew on empêche l'arrivée de l'oxygène vers les cellules, le virus ne se multiplie pas. Dans ce cas, les cellules restent vivantes, mais le potentiel s'accroît dans le sens négatif. Il en est de même si le milieu est additionné de cystéine.

On peut donc penser que les cellules fonctionnent comme des régulateurs de potentiel et que le rôle de l'oxygène, conformément à la théorie de Wurmser [2] consiste à maintenir constant le niveau d'oxydo-réduction. S'il en est ainsi, on doit pouvoir substituer à l'oxygène d'autres donateurs d'hydrogène. Les expériences suivantes montrent qu'il en est bien ainsi.

Voici le mode opératoire adopté : une série de flacons contenant 4^{cm^3} de milieu habituel reçoivent chacun 1^{cm^3} de liquide surnageant d'une culture antérieure (virulence 1/10000) et 1^{cm^3} d'indicateur (dilution M/1000). Les flacons vidés d'air restent à l'étuve à 37° pendant 3 jours. On procède alors aux titrages par la méthode habituelle. Voici les résultats :

---

(1) Séance du 7 août 1933.

(2) A. Wurmser, *Oxydations et réductions*, 1930 (Les Presses universitaires de France).

	Dose mortelle.
Oxygène	1/500 000
Vide sans colorant	1/1 000
Azote	1/10
Vide + bleu de méthylène	1/10
Vide + tétrasulfonate d'indigo	1/100 000
Vide + trisulfonate d'indigo	1/10 000
Vide + disulfonate d'indigo	1/100 000
Vide + monosulfonate d'indigo	1/100 000
Vide + bleu de Nil	1/100

On voit que l'on est à même de substituer à l'oxygène d'autres accepteurs d'hydrogène, à la condition, semble-t-il, que ceux-ci ne pénètrent pas, comme font les colorants basiques (bleu de méthylène, bleu de Nil) à l'intérieur des cellules où l'on conçoit qu'ils peuvent exercer une action d'un autre ordre, nuisible à la cellule.

J'ai déjà indiqué, d'autre part, que le développement du virus entraîne la mort des cellules embryonnaires [1]. Tous ces faits nous conduisent à admettre que le virus se développe dans les cellules où il rencontre un milieu dont le potentiel est le plus favorable à son développement, et ceci explique le fait que l'on trouve une quantité de virus fixée sur les cellules (10 à 1000 fois) plus grande que dans le liquide ambiant.

CYTOLOGIE PATHOLOGIQUE. — *Sur la formation d'une race hybride de cellules épidermiques mucipares, pendant la transformation métaplasique de l'épithélium du canal utérin, qui précède ou accompagne la cancérisation.* Note de MM. **Cl. Regaud**, **G. Gricouroff** et **Eud. Villela**, présentée par M. Roux.

A l'état normal, le canal utérin de la femme, dans sa région cervicale, est tapissé par un épithélium formé d'une seule rangée de cellules mucipares, tandis que la surface externe du col est revêtue d'un épiderme semblable à celui du vagin. Les deux épithéliums se soudent au niveau de l'orifice utérin, sans cellules de transition.

L'observation clinique montre que l'épithélioma débute au voisinage de l'orifice vaginal du col utérin. L'invasion du tissu conjonctif qui authentific

(1) Harry Plotz, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1545.

le cancer, est précédée, dans un grand nombre de cas, par une transformation, dite métaplasique de l'épithélium du canal. Quand on a sous les yeux un stade voisin du début, les choses semblent se passer comme si l'épiderme glissait de proche en proche sous les cellules mucipares, puis, pénétrant dans les conduits excréteurs des glandes, s'insinuait entre les cellules propres de celles-ci et la membrane vitrée.

Nous nous sommes proposé d'étudier l'histogénèse du néo-épithélium métaplasique, afin d'élucider le comportement de chacune des deux espèces de cellules épithéliales, qui se trouvent en présence. Cette étude exigeait que puissent être identifiés avec précision et sûreté leurs caractères essentiels. Nous identifions les cellules dérivées de l'épithélium mucipare, lorsqu'elles conservent la propriété de sécréter du mucus colorable en rouge par le muci-carmin. Nous identifions les cellules dérivées de l'épiderme, par le fait qu'elles conservent la propriété d'élaborer des tonofibrilles. Dans les préparations obtenues par les méthodes ordinaires de coloration, ces fibrilles ne sont reconnaissables qu'autant qu'elles conservent une disposition et un degré de développement voisins de l'état normal. Pour être décelées jusque dans leur état le plus dégradé, elles doivent être colorées intensément par l'argent réduit. Dans ce but, nous avons utilisé la méthode de Del Rio Hortega simplifiée par l'un de nous.

L'étude des coupes colorées par l'hémalun et le muci-carmin montre que, dans l'épithélium canalaire en cours de transformation métaplasique et déjà stratifié, la propriété mucipare n'est décelable que dans les cellules de la surface. Elle est plus ou moins dégradée ; elle peut même n'être point apparente, dans des cellules que leur forme et leur situation doivent faire considérer comme apparentées aux mucipares.

Les cellules profondes du néo-épithélium ne contiennent jamais de mucus. Dans les préparations colorées par les méthodes courantes, tantôt elles montrent des filaments unitifs de Ranvier, tantôt elles apparaissent comme des cellules polyédriques sans filaments, ou reliées vaguement les unes aux autres par quelques anastomoses protoplasmiques. Toutefois, même dans ces cas, les coupes traitées par l'argent, montrent des tonofibrilles fines, nettes, quoique à disposition atypique.

Mais, c'est là le point que nous jugeons nouveau et important, on constate que le néo-épithélium contient une sorte nouvelle de cellules mucipares : des cellules qui possèdent à la fois des tonofibrilles et du mucus. On voit des filaments caractéristiques passer d'une cellule polyédrique, mani-

festement épidermique, dans une cellule de forme allongée, que la présence de mucus coloré authentifie comme une cellule sécrétante; les fibrilles forment entre les boules de mucus un réticulum, jusqu'à l'extrémité sommitale de la cellule.

On constate donc la réunion, dans une même cellule, de caractères appartenant normalement à deux espèces cellulaires distinctes. Tout se passe comme si deux cellules mères d'espèces différentes avaient participé à la constitution du matériel héréditaire de la nouvelle cellule à caractères mixtes. La cellule caractéristique du néo-épithélium métaplasique résulterait donc d'un processus comparable à l'hybridation.

Résumé. — *La métaplasie précancéreuse de l'épithélium du canal cervico-utérin est précédée, ou accompagnée, de la création d'une race cellulaire nouvelle à caractères mixtes.* Cette race possède à la fois un caractère épidermique (tono-fibrilles) et un caractère mucipare (mucus colorable) l'un et l'autre plus ou moins dégradés. Le caractère épidermique est seul apparent dans les cellules profondes du néo-épithélium. Les cellules superficielles, éléments terminaux de la lignée, développent seules les deux caractères. Nous inclinons à considérer la naissance de cette race cellulaire « hybridoïde », épidermo-mucipare, comme une mutation somatique en rapport avec la cancérisation.

La séance est levée à 15h25m.

A. Lx.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances du mois de juillet 1933 (*suite et fin*).

Nouvelles investigations dans le domaine sexuel des Hyménomycètes, par René Vandendries. Extrait du *Bulletin trimestriel de la Société Mycologique de France*, Tome XLIX, 1er fasc. Paris, au siège de la Société, s. d.; 1 fasc. 24cm.

Étude d'analyse, par la photographie, des tendances sexuelles de Pleurotus Colombinus, par René Vadendries. Extrait des comptes rendus de la 56e session de l'*Association française pour l'avancement des sciences*. Paris, Secrétariat de l'Association, 1932; 1 fasc. 24cm.

Notice préliminaire sur l'expédition nationale polonaise de l'année polaire 1932-1933 à l'Ile des Ours, par Jean Lugeon. Extrait du *Bulletin de la Société géophysique de Varsovie*, fasc. 7. Warszawa, 1933; 1 fasc. 24cm,5.

Madagascar, texte et légende de G. Petit. Photographies de R. Mourlan. Paris, Éditions Arts et Métiers graphiques, 1933; 1 vol. 25cm.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 28 AOUT 1933.

PRÉSIDENCE DE M. ÉMILE ROUX.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Frank Schlesinger**, directeur de l'Observatoire de l'Université de Yale, président de l'Union astronomique internationale, Correspondant de l'Académie pour la Section d'Astronomie, qui assiste à la séance.

MÉDECINE. — *Rôle de l'intoxication colibacillaire dans l'étiologie de certains troubles mentaux. Leur guérison par le sérum anticolibacillaire.* Note [1] de M. **Hyacinthe Vincent**.

Les manifestations morbides déterminées par le *Bacillus coli* ne sont pas uniquement fonction de la multiplication de ce microbe et des lésions anatomiques qu'elle entraîne. Elles procèdent aussi, parfois et presque exclusivement, de l'intoxication par les toxines du colibacille. C'est surtout dans certaines colibacilloses chroniques que cette intoxication peut être dominante et que son origine véritable peut être méconnue. Son caractère prolongé, sa ténacité, souvent sa gravité, témoignent que l'organisme humain est, en de tels cas, mal adapté à la sécrétion d'anticorps et qu'il s'immunise imparfaitement contre les toxines du *Bacillus coli*.

Certaines races de ce bacille ont une forte toxicité. Cultivées en bouillon pendant 5 à 8 jours, leur filtrat injecté dans la veine du lapin peut tuer

---

[1] Séance du 21 août 1933.

celui-ci en 2 à 12 heures, à la dose de 1 ou 2^{cm^3}. J'ai signalé les symptômes variés observés expérimentalement chez ces animaux ([1]), les uns précoces (stupeur complète, anesthésie, convulsions, etc.), les autres plus tardifs (diarrhée profuse, paralysies avec amyotrophie due à la dégénérescence complète des cellules sensitives ou motrices de la moelle, etc. ([2]). La mort survient alors par paralysie bulbaire.

A un degré moins grave, les symptômes expérimentaux peuvent consister en monoparésie, contractures, déviation latérale de la tête; ou bien en phénomènes de nature névropathique : abattement, tristesse, rétropulsion caractérisée, caractère devenu violent, agressif. Un lapin attaquait tous les animaux, même les femelles de lapin, qu'on plaçait près de lui, leur dévorant les oreilles.

La complexité des symptômes observés chez l'homme infecté, à l'état chronique, par le *Bacillus coli*, s'explique par la dualité des toxines entérotrope et neurotrope que j'ai fait connaître ([3]). Mais, chez certains malades, les symptômes d'intoxication peuvent être simplifiés, suivant la prédominance de la toxine sécrétée. J'ai pu suivre un malade qui, guéri d'une septicémie colibacillaire grave, et fortement imprégné par sa neurotoxine, a fait, quelques années plus tard, une paralysie des membres inférieurs à évolution lente, terminée par des symptômes bulbaires mortels. Or le colibacille que j'avais isolé de ce malade sécrétait une neurotoxine exceptionnellement active.

L'ensemble des phénomènes morbides si variés, si pénibles et si rebelles qui accompagnent l'entéro-colite *dite* muco-membraneuse, résulte, ainsi que je l'ai démontré, d'une double intoxication par la toxine entérotrope et par la toxine neurotrope du *Bacillus coli*, fabriquées et résorbées au niveau de l'intestin ([4]). De là, les crises de diarrhée et de constipation alternées, le subictère, les douleurs hépatiques, les coliques si fréquentes; de là, aussi,

---

([1]) *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 1624; **187**, 1928, p. 787; **189**, 1929, p. 381.

([2]) *Sur le processus infectieux rénal d'origine colibacillaire* (*Soc. de Biologie*, **87**, 1922, p. 646).

([3]) *Sur la pluralité des toxines du* B. coli (*Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 1624; **187**, 1928, p. 787; **189**, 1929, p. 381, etc.).

([4]) H. Vincent, *Sur les effets pathogènes exercés chez l'homme et chez l'animal par l'exotoxine neurotrope du* Bacillus coli (*Comptes rendus*, **189**, 1929, p. 381); *Rôle de la toxi-infection colibacillaire dans certaines entéropathies chroniques, etc.* (*Bull. Acad. de Médecine*, **103**, 1930, n° **17**). La bile a perdu, chez ces malades, une partie de ses qualités antitoxiques qu'elle doit à ses savons.

les troubles nerveux (angoisse précordiale, irritabilité excessive, insomnie, mélancolie, dépression nerveuse, parfois idées de suicide, etc.) si souvent observés.

La démonstration de l'origine toxique (colibacillaire) de ces symptômes est donnée par *leur guérison rapide et complète*, *sous l'influence de la seule sérothérapie anticolibacillaire* (H. Vincent), chez des malades réputés incurables et atteints depuis 3 ans, 5 ans, 10 ans, l'un d'eux, depuis 52 ans.

Les constatations qui précèdent et qui ont la valeur d'expériences de laboratoire m'ont conduit à rechercher si la neurotoxine du *Bacillus coli* n'est pas capable de se fixer aussi sur les centres psychiques, intéressant l'idéation, l'intelligence, le *sensus communis*, et de donner bien également à des *troubles mentaux*. Cette conception qui a, jusqu'ici, échappé à l'attention des médecins, s'est trouvée vérifiée. Chez une malade atteinte de pyélonéphrite très grave à colibacilles, j'ai observé autrefois des signes de démence complète, avec raideur automatique du tronc, attitude catatonique, fixité du regard, délire. Cette malade a succombé en quelques jours.

Une septicémie colibacillaire prolongée a été suivie de démence précoce chez un jeune homme de 17 ans. Il était resté colibacillurique.

J'ai, dès lors, recommandé à plusieurs psychiâtres de mettre en œuvre la sérothérapie anticolibacillaire chez leurs malades atteints simultanément de psychoses variées et de colibacillose urinaire. *Les résultats ont été très remarquables*. Je résume ici quelques-uns des exemples dénonçant la nature toxique et colibacillaire de certaines de ces psychoses.

I. Femme de 72 ans, délirante, inerte, entièrement inconsciente, incapable de parler, de reconnaître les siens, de s'alimenter; incontinence des urines. Pyélonéphrite double suppurée, très ancienne. Le sérum anticolibacillaire injecté pendant 8 jours, amène la guérison totale de ces troubles cérébraux.

II. Homme de 47 ans. Constipation presque absolue, puis colibacillurie. Ce malade présente des symptômes d'hypochondrie à un degré très marqué. S'isole, refuse de parler, de s'alimenter; délire de persécution, fugues, idées de mort prochaine, de suicide.

La sérothérapie anticolibacillaire amène la guérison en trois semaines.

III. Jeune garçon, 11 ans. Désordres gastro-intestinaux continus depuis l'âge de 3 ans. Appendicite suivie, après l'opération, d'adhérences intestinales cicatricielles et de constipation opiniâtre. Caractère bizarre, mysticisme, religiosité excessive. Ramasse tout ce qu'il trouve (débris de papier, chiffons, bouts d'allumettes, etc.), dont il emplit ses poches. Tics nombreux et incessants. Céphalée. Odeur fétide de l'haleine. Anémie.

Soumis à trois cures successives de sérum anticolibacillaire, cet enfant a été, en quelques semaines, littéralement transformé intellectuellement et physiquement; a repris gaieté, vivacité, intelligence, faculté d'attention. Plus de tics. A gagné en 6 mois plus de 7^{kg}.

IV. Cas très remarquable de guérison de troubles mentaux très graves et très anciens. Malade âgée de 55 ans. Pyélonéphrite colibacillaire double, remontant à environ 20 années. A présenté, depuis lors, les symptômes suivants : vertiges, troubles de la parole, syncopes, violences de caractère, hallucinations visuelles et auditives, crises de torpeur, état confusionnel, délire de la persécution, catatonie, etc.

Cette malade a été traitée pendant deux semaines par les injections quotidiennes de sérum anticolibacillaire de Vincent. *Elle a été, à la profonde surprise de ses médecins, complètement guérie de ces phénomènes morbides invétérés qui s'aggravaient progressivement depuis leur début.*

Le sérum a amené une *désintoxication totale de son système nerveux central*, apportant, dans ce nouveau cas, la preuve décisive que les troubles mentaux relevaient d'une imprégnation des centres psychiques par la neurotoxine colibacillaire.

Ces faits nouveaux ouvrent des horizons sur la pathogénie et le traitement de certaines psychoses jusqu'ici inexplicables et considérées comme incurables. Mises en œuvre, sur mon conseil, par H. Claude, MM. Devaux, Baruk, les injections de sérum ont confirmé, chez plusieurs de leurs malades, la double notion de l'intoxication colibacillaire comme facteur possible de troubles mentaux, et de l'efficacité du traitement par la sérothérapie spécifique dirigée contre le *Bacillus coli* et contre ses toxines.

CORRESPONDANCE.

GÉOMÉTRIE. — *Sur certaines courbes qui généralisent les coniques.* Note de M. **E. O. Lovett**, transmise par M. Élie Cartan.

M. D. V. Jonesco a indiqué récemment [1] des problèmes de cinématique dont la solution le conduit à des généralisations des coniques : par exemple, le mouvement d'un point M dont la projection de la vitesse sur la perpendiculaire au rayon vecteur OM est égale à une constante k, produit : 1° des courbes généralisant des paraboles, si la projection du point M sur une droite fixe est animée d'un mouvement uniforme de vitesse a, et 2° des courbes qui généralisent les coniques à centre, si le mouvement se fait suivant la loi des aires par rapport à un point fixe P, la constante des aires étant égale à C.

---

[1] *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 2006; *L'Enseignement mathématique*, **31**, 1932, p. 58.

L'objet de cette Note est de suggérer certaines généralisations de ces courbes de M. Jonesco.

L'équation différentielle de la trajectoire d'un point $M(x, y; r, \theta)$ dont le mouvement satisfait aux conditions

$$(\alpha r^m + \beta r^2 + \gamma r + \delta)\frac{d\theta}{dt} = \varphi, \qquad (\mu x - g)\frac{dy}{dt} - (\nu y - h)\frac{dx}{dt} = \psi,$$

où α, β, γ, δ, μ, ν, φ, ψ, g, h désignent des fonctions quelconques de θ ayant des dérivées du premier ordre, α', β', ..., h', par rapport à θ, s'écrit sous la forme

$$\frac{dr}{d\theta} + r\cot\theta = \frac{r^2}{\sin\theta}\left[\frac{\alpha f r^{m-2} + \beta f + \nu + (\gamma f - h \operatorname{coséc}\theta) r^{-1} + \delta f r^{-2}}{(\nu - \mu) r\cos\theta + g - h\cot\theta}\right],$$

où

$$f = -\frac{\psi}{\varphi}.$$

On peut remarquer en passant le cas simple dans lequel on a simultanément

$$\frac{\alpha'}{\alpha} = \frac{\beta'}{\beta} = \frac{r'}{r} = \frac{\delta'}{\delta} = \frac{\varphi'}{\varphi} = \frac{f'}{f} - \frac{g'}{g} = \xi(\theta), \qquad h = \nu - \mu = 0, \qquad \frac{\mu'}{\mu} = \frac{g'}{g} = \eta(\theta),$$

$$\vec{J} = \frac{\mu\varphi^2}{g^2\rho^3\sin^2\theta}[(2-m)\alpha r^m + \gamma r + 2\delta][\rho f + r(\mu r - g\cos\theta)]\overrightarrow{PM},$$

$$(\rho = \alpha r^m + \beta r^2 + \gamma r + \delta),$$

où ξ, η sont des fonctions arbitraires de θ, et P est le point $(g/\mu, 0)$, l'abscisse g/μ étant évidemment égale à une constante quelconque.

Les théorèmes classiques sur l'intégration des équations

$$\frac{dr}{d\theta} = P(\theta) r + Q(\theta) r^n, \qquad \frac{dr}{d\theta} = P(\theta) + Q(\theta) r + R(\theta) r^2,$$

permettent de déterminer les circonstances dans lesquelles l'équation différentielle de la trajectoire du point M s'intègre par quadratures. De ces cas d'intégrabilité on signale les suivants, u désignant partout une fonction quelconque de θ, et v l'expression $g(u\sin\theta)' - h(u\cos\theta)'$.

I. $h = g\operatorname{tang}\theta$, $\nu - \mu \neq 0$:

a. Pour toutes valeurs de m, si $\gamma f - g\operatorname{séc}\theta = \delta f = 0$.

b. Pour $m = 0$, si : 1° $\gamma f - g\operatorname{séc}\theta = 0$, ou 2° $(\delta + \alpha) f = 0$.

c. Pour $m = 1$, si : 1° $(\gamma + \alpha) f - g\operatorname{séc}\theta = 0$, ou 2° $\delta f = 0$.

d. Pour $m = 2$, si : 1° $\gamma f - g\operatorname{séc}\theta = 0$, ou 2° $\delta f = 0$.

e. Pour $m=3$, si $\delta f=0$ et si en même temps $\alpha, \beta, \gamma, \mu, \nu, f, g$ satisfont à une relation de la forme

$$\alpha f u^2 + (\beta f + \nu) u + \gamma f - g \operatorname{séc}\theta - (\nu - \mu)\cos\theta (u \sin\theta)'.$$

II. $\nu - \mu = 0$, $g - h\cot\theta \neq 0$:

a. Pour toutes valeurs de m, si $\beta f + \nu = \delta f = 0$.

b. Pour $m=0$, si : 1° $f\beta + \nu = 0$, ou 2° $(\delta + \alpha) f = 0$, ou 3°

$$(\beta f + \nu) u^2 + \gamma f u + (\delta + \alpha) f - \varphi = 0.$$

c. Pour $m=1$, si : 1° $\beta f + \nu = 0$, ou 2° $\delta f = 0$, ou 3°

$$(\beta f + \nu) u^2 + (\gamma + \alpha) f u + \delta f - \varphi = 0.$$

d. Pour $m=2$, si : 1° $\delta f = 0$, ou 2°

$$[(\alpha + \beta) f + \nu] u^2 + \gamma f u + \delta f - \varphi = 0.$$

En vertu de l'équivalence des équations différentielles

$$\frac{dr}{d\theta} = \Phi(r, \theta), \qquad \frac{dr}{d\theta} + r\cot\theta \frac{r^2 \Psi(r, \theta)}{\sin\theta} \qquad \text{où} \qquad \Psi = \frac{r\cos\theta + \Phi\sin\theta}{r^2},$$

on peut montrer sans difficulté que les courbes définies par ces équations identiques jouissent de la propriété géométrique : la fonction Ψ^{-1} est égale au segment OQ, où O est l'origine des coordonnées, et Q est le point où la la tangente à la courbe rencontre l'axe polaire.

Il suit de là que les trajectoires du point M sont caractérisées par la propriété suivante :

$$\mathrm{OQ} = \frac{(\nu - \mu) r^3 \cos\theta + (g - h\cot\theta) r^2}{\alpha f r^m + (\beta f + \nu) r^2 + (\gamma f - h \operatorname{coséc}\theta) r + \delta f}.$$

Enfin, dans les cas particuliers

$$\mathrm{OQ} = \frac{g}{r^{m-2} f}, \qquad \mathrm{OQ} = \frac{g}{1 - r^{m-2} f},$$

on retrouve, si $m=1$, et f, g sont des constantes : 1° les propriétés respectives

$$\mathrm{OQ} = \frac{k}{a} r, \qquad \mathrm{OQ} = \frac{cr}{r - \lambda} \qquad \left(\lambda = \frac{c}{k}\right),$$

démontrées par M. Jonesco pour ses deux classes de courbes, citées.

ci-dessus, et 2° les propriétés bien connues

$$OQ = r, \qquad OQ = \frac{cr}{a \pm r},$$

des paraboles et des coniques à centre, respectivement, la parabole ayant son foyer en O et son axe sur l'axe polaire, et la conique à centre ayant un foyer en O, son grand sur l'axe polaire, la distance focale égale à $2c$, et le grand axe à $2a$.

Le détail et le développement des résultats précédents paraîtront dans un autre Recueil.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur certaines surfaces possédant un plan tangent.* Note [1] de M. **J. Mirguet**.

Soit M un point d'accumulation de l'ensemble ponctuel E. De même que le paratingent (= ptg) de E en M est formé des droites limites des doublets de E dont les deux extrémités tendent vers M, le biparatingent (= biptg) est formé des plans limites des triplets de E dont les sommets, non alignés, tendent vers M [2]. Cherchant à prolonger par le biptg l'étude des surfaces à ptg incomplet [3], j'ai examiné les propriétés des ensembles à biptg incomplet [4] et montré, pour certaines classes de continus, la structure simple du ctg et de l'ensemble lui-même. Pour les surfaces, cette simplicité s'exagère; j'ai démontré ce théorème : toute surface à ptg incomplet a son biptg complet sauf en un point M dont le voisinage est une portion de plan. Aucune voie ne s'ouvre donc ainsi à la sélection.

Soit maintenant une famille de triplets de E dont les sommets tendent vers M, de manière que la somme des sinus des angles de l'un de ces triplets donne au moins une valeur limite non nulle. Une telle famille sera dite *régulière*. Les plans limites issus d'une famille régulière forment dans le biptg un sous-ensemble T_M très important (= biptg réduit) donnant lieu aux propriétés suivantes :

L_1 : Il contient le plan de deux demi-tangentes non alignées.

L_2 : Il est vide, si le ptg se réduit à une droite.

---

(1) Séance du 16 août 1933.

(2) Bouligand, *Introduction à la Géom. inf. directe* (Paris, Vuibert, 1932) p. 72 et 162.

(3) *Loc. cit.*, p. 82.

(4) *Accademia dei Lincei*, 6e seria, 15, 1932, fasc. 6, p. 429.

L_3 : Un plan de T_M contient les limites de deux directions de cordes constamment distinctes et, par suite, deux paratingentes distinctes.

L_4 : Un plan ϖ exclu de T_M contient au plus ou bien une seule demi-tg ou deux demi-tg opposées; s'il contient une demi-tg (au moins) la droite support est la seule ptg[te] contenue dans le plan ϖ; sinon, il existerait une famille régulière de triplets ABC à plans tendant vers ϖ, dans lesquels AB tendrait vers une seconde paratingente de ϖ et AC vers la demi-tg de ϖ; ce plan ϖ serait limite d'une famille régulière et ne serait pas exclu de T_M, contrairement à l'hypothèse.

Application I. — *Ont un plan tangent continu, les surfaces à ptg incomplet telles que la réunion des plans de* T_M, *en chaque point* M (*exclu des bords*) *laisse échapper un pinceau conique solide.*

En effet, toute droite $\Delta' M \Delta$ *intérieure* à un tel pinceau est exclue du ptg; sinon, comme il existe forcément des demi-tg de la surface hors de $\Delta' M \Delta$, le plan déterminé par $\Delta' M \Delta$ et une de ces demi-tg appartiendrait, contrairement à l'hypothèse, à T_M (d'après L_4). Donc $\Delta' M \Delta$ est entièrement entourée de directions exclues du ptg; on sait, dans ces conditions, que toute parallèle à $\Delta' M \Delta$ qui s'approche indéfiniment de M finit par contenir un point de la surface qui tend vers M; par suite, tout demi-plan π issu de $\Delta' M \Delta$ contient une demi-tg ([1]) et une seule (d'après L_1). Toutes ces demi-tg sont coplanaires : sans quoi un plan P_i, parallèle à $\Delta' M \Delta$, tendant vers M en restant parallèle à lui-même et en rencontrant trois demi-tg non coplanaires en A_i, B_i et C_i, contiendrait constamment un triplet à sommets voisins de A_i, B_i et C_i dont un sinus ne tendrait pas vers zéro et la direction de P serait limite d'une famille régulière.

Vu cette planéité du ctg, *il n'existe aucune ptg[te] hors du plan du ctg* : en effet, le plan de $\Delta' M \Delta$ et d'une ptg[te] étrangère au ctg, serait exclu de T_M; cependant, devant contenir cette ptg[te] et son intersection avec le ctg il ne pourrait échapper à T_M. Donc, le ptg est plan. Par surcroît, on voit que T_M se réduit au seul plan du ctg (d'après L_3). Notre classe de surface coïncide donc avec celle des surfaces à ptg sans élément intérieur, étudiée par M. Bouligand ([2]) dont j'ai prouvé la planéité du ptg ([3]) assurant un plan tangent réparti continûment.

([1]) Bouligand, *Introduction à la Géom. inf. directe*, p. 167 et 168.

([2]) *Loc. cit.*, p. 167 et suivantes.

([3]) Mirguet, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 592; *Bulletin de la Soc. Royale des Sciences de Liége*, n° 1, 1933, p. 11-15.

Application II. — *Ont un plan tangent continu, les surfaces à ptg incomplet dont le biptg réduit T_M laisse échapper tous les plans extérieurs à un cône de révolution γ, en chaque point M exclu des bords.*

Si toute droite menée de M hors du cône γ était une ptg[te], il n'existerait pas de demi-tg hors de γ (d'après L_4); le ctg, qui est un continu, serait donc tout entier dans ou sur l'une des nappes du cône γ et il existerait (à cause des directions exclues du ptg) un second cône de révolution intérieur au premier auquel le ctg serait extérieur. En raison d'une telle structure du ctg, les plans extérieurs à γ seraient limites de familles régulières, contrairement à l'hypothèse.

Soit donc $\Delta' M \Delta$ une droite extérieure à γ, exclue du ptg; elle est entièrement entourée de droites exclues; dès lors, tout demi-plan π issu de $\Delta' M \Delta$ et extérieur à γ contient une demi-tg et une seule; en remarquant que la section de la surface par chaque demi-plan π est un continu, on voit, en procédant comme dans l'application I, que toutes les demi-tg, extérieures ou non à γ sont coplanaires.

Enfin, aucun plan issu de $\Delta' M \Delta$ et *extérieur* à γ ne contient (d'après L_4) de ptg[te] étrangère au ctg en M. Ceci posé, aux points voisins de M, le biptg réduit ayant par hypothèse la même structure à exclusions qu'en M, le ctg y demeure plan. Le plan du ctg en un point M_i qui tend vers M, a forcément pour limite le plan du ctg en M : en effet, la limite du ctg en M_i est englobée dans le ptg en M; les demi-tg en M_i dont la limite est dans un plan issu de $\Delta' M \Delta$ et extérieur au cône γ tendent donc vers des ptg[tes] qui, d'après L_4, s'incorporent au ctg en M; il existe donc deux demi-tg distinctes en M_i qui tendent, en restant distinctes, vers le plan du ctg en M; leur plan (ctg en M_i) tend vers le ctg en M; d'où la répartition continue annoncée, qui entraîne *a posteriori* la planéité du ptg.

MÉCANIQUE QUANTIQUE. — *Considérations théoriques sur la constitution des neutrons, électrons positifs et photons. Existence des protons négatifs.* Note [1] de M. **Jean J. Placinteanu**, présentée par M. Louis de Broglie.

Dans une Note précédente [2] j'ai formulé l'hypothèse d'après laquelle un neutron est un élément complexe composé d'un proton et d'un électron

---

(1) Séance du 21 août 1933.

(2) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1474.

à énergie cinétique négative (électron positif au sens de Dirac) en exprimant par des considérations énergétiques la relation $m_n = m_p - m_e$ entre la masse du neutron, du proton et de l'électron. Dans une Note récente [1] Mme I. Curie et M. F. Joliot parviennent au même résultat à l'aide des formules des réactions nucléaires, qui sont en définitive des relations énergétiques.

I. Dans cette Note je veux montrer : 1° que l'idée de Mme I. Curie et M. F. Joliot, d'après lesquels *un proton doit être composé d'un neutron et d'un électron positif*, n'est qu'une conséquence immédiate de ma théorie; 2° qu'on peut admettre qu'un photon de grande énergie (au moins 10^6 eV) peut se décomposer en un électron négatif et un électron positif; 3° qu'un photon d'énergie extrêmement grande (au moins 10^9 eV) peut se décomposer en un proton (positif) et un *proton négatif;* donc, qu'on est conduit à admettre l'existence du *proton négatif*, le symétrique du proton connu expérimentalement, exactement de la même manière que l'électron positif est le symétrique de l'électron négatif. Ce *proton négatif* n'est pas d'ailleurs décelé expérimentalement, peut-être à cause de la très grande énergie qui y est nécessaire.

1. L'équation ondulatoire d'un proton avec champ extérieur, est d'après Dirac [2]

$$\left\{\frac{w}{c} - \frac{e}{c}A_0 + \rho_1 \vec{s}\left(\vec{p}_1 - \frac{e}{c}\vec{A}\right) + \rho_3 m_p c\right\}\psi_1 = 0, \tag{1}$$

de même, l'équation d'un électron à énergie cinétique négative sera, dans le même champ extérieur,

$$\left\{-\frac{w}{c} + \frac{e}{c}A_0 + \rho_1 \vec{s}\left(-\vec{p}_2 + \frac{e}{c}\vec{A}\right) - \rho_3 m_e c\right\}\psi_2 = 0. \tag{2}$$

Le neutron est, d'après mon hypothèse, une particule qui a pris naissance par l'union des deux particules composantes (1) et (2). Alors, d'après un procédé développé par Divac [3], j'ai déduit que la fonction d'onde du neu-

---

(1) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 237.

(2) *Die Prinzipien der Quantenmechanik* (Leipzig, 1930). Les notations ci-dessus sont celles contenues dans ce livre.

(3) *Proc. roy. Soc. London*, **136**, 1932, p. 453.

tron ψ qui est égale à $\psi_1\psi_2$, devra satisfaire à *l'équation du neutron*

$$\left\{i\frac{h}{2\pi}\frac{\partial}{\partial t}+\rho_1 c\vec{s}\left(\vec{p}_1+\vec{p}_2\right)+\rho_3 m_n c^2\right\}\psi=0, \tag{3}$$

où $m_n=m_p-m_e$.

Soit maintenant une fonction ψ qui satisfait à l'équation (3) du neutron et aussi à l'équation [déduite de (2) par multiplication à gauche avec ψ_1] de l'électron positif

$$\left\{-\frac{w_2}{c}-\frac{e}{c}A_0+\rho_1\vec{s}\left(-\vec{p}_2-\frac{e}{c}\vec{A}\right)+\rho_3 m_e c\right\}\psi=0, \tag{2'}$$

où $w_2=p_2^2/2m_e-m_ec^2$ (p_2 étant la quantité de mouvement de l'électron positif).

Cette fonction ψ satisfaisant simultanément à (3) et à (2') devra satisfaire aussi à l'équation

$$\left\{\frac{w}{c}-e\vec{A}_0+\rho_1\vec{s}\left(\vec{p}_1-\frac{e}{c}\vec{A}\right)+\rho_3 m_p c\right\}\psi=0 \tag{1'}$$

qui est identique à l'équation (1) du proton. Donc, le neutron (3) + l'électron positif (2') = le proton (1'). Ici $w=w_1-w_2$, où

$$w_1=\frac{p_1^2}{2m_p}+\frac{p_2^2}{2m_e}+m_nc^2 \qquad (p_1=\text{impulsion du proton}).$$

Donc l'énergie de couplage sera au moins égale à $2m_ec^2$, c'est-à-dire à 10^6 eV.

2. Je dis qu'un photon peut être considéré comme une particule constituée par l'union intime d'un électron négatif (sans champ extérieur)

$$\left\{\frac{w}{c}+\rho_1\vec{s}\vec{p}_1+m_ec\right\}\psi_1=0 \tag{4}$$

et d'un électron positif (aussi sans champ extérieur)

$$\left\{-\frac{w}{c}-\rho_1\vec{s}\vec{p}_2+m_{e_+}c\right\}\psi_2=0. \tag{5}$$

En vérité, alors, la fonction d'onde du photon $\psi=\psi_1\psi_2$ devra satisfaire à *l'équation ondulatoire du photon*

$$\left\{i\frac{h}{2\pi}\frac{\partial}{\partial t}-\rho_1\vec{s}c\left(\vec{p}_1+\vec{p}_2\right)+m_{ph}c^2\right\}\psi=0, \tag{6}$$

en posant $m_{ph} = m_{e_-} - m_{e_+}$. Si ces deux masses sont égales, il résulte que la masse du photon est nulle. Sinon, la masse du photon n'est pas rigoureusement zéro, ce qui s'accorde bien avec la bien connue hypothèse de M. L. de Broglie.

Pour que les deux électrons (4) et (5) prennent naissance du photon (6), celui-ci doit posséder une envergure au moins égale à $2mec^2$, à savoir $10^6 e$V.

3. De la même manière on peut prendre un proton (positif)

$$\left\{ -\frac{W}{c} - \rho_1 \overrightarrow{s}\overrightarrow{p_1} + m_{p+}c \right\} \psi_1 = 0$$

et un « proton négatif »

$$\left\{ \frac{W}{c} + \rho_1 \overrightarrow{s}\overrightarrow{p_2} + m_{p-}c \right\} \psi_2 = 0$$

pour former un photon (6), avec $m_{ph} = m_{p+} - m_{p-}$, donc si les masses sont égales, avec une perte d'énergie égale à $2m_pc^2$, c'est-à-dire de l'ordre 10^9 eV.

Si l'on possède un photon d'une si grande énergie, on devra, d'après notre théorie, s'attendre à obtenir un tel *proton négatif*.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Les principes de la Mécanique ondulatoire générale et les connexions entre les diverses Mécaniques abstraites.* Note [1] de M. **Jean-Louis Destouches**, présentée par M. Louis de Broglie.

1. Dans une Note précédente [2], nous avons établi les principes d'une Mécanique générale. C'est cette étude que nous poursuivons ici. Tout d'abord, signalons que l'espace configuratif général, espace ($\mathcal{C}$), ne doit pas être *vectoriel*, mais seulement *affine* pour englober les mouvements des points figuratifs des espaces fonctionnels utilisés en physique classique, en particulier de l'espace ($\mathcal{B}$), des fonctions de répartition $p(M, t)$, du mouvement brownien.

2. La comparaison des diverses Mécaniques ondulatoires rencontrées jusqu'à présent nous conduit à énoncer comme suit les concepts et postulats de la Mécanique ondulatoire générale :

---

[1] Séance du 24 juillet 1933.

[2] *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 120.

A. 1° *Concept* « ensemble mécanique ». — A un ensemble mécanique se trouvent attachés des coefficients qui le caractérisent : *a*, le nombre d'éléments $\mathcal{M}$; *b*, les coefficients caractérisant chaque élément.

2° *Postulat* 1. — A chaque ensemble mécanique est attaché un point M de l'espace ($\mathcal{C}$) appelé espace configuratif qui est *distancié*, *affine*, *séparable*, *complet*.

B. 3° *Concept* « grandeur mécanique attachée à un ensemble mécanique ».

4° *Postulat* 2. — A toute grandeur mécanique correspond un opérateur linéaire formé à partir des coordonnées du point figuratif.

5° *Postulat* 3 : *Premier principe de quantification.* — Les fonctions propres dans le cas d'un spectre discontinu et les différentielles propres dans le cas d'un spectre continu doivent : *a*, être uniformes; *b*, appartenir à un espace de Hilbert (Ψ) : l'espace des fonctions d'ondes. (Nous avons pu démontrer, en effet, que tout espace de fonctions d'ondes devait être un espace de Hilbert.)

6° *Postulat* 4. — Les opérateurs mécaniques doués d'un sens physique doivent : *a*, être des opérateurs de l'espace (Ψ); *b*, être hermitiques; *c*, posséder un spectre tel que les fonctions propres du spectre discontinu et les différentielles propres du spectre continu forment un système de base complet pour les fonctions de l'espace (Ψ) des variables intéressant l'opérateur considéré.

7° *Postulat* 5 : *Second principe de quantification ou principe des valeurs propres.* — A un instant t, la valeur d'une grandeur mécanique est nécessairement une des valeurs propres à cet instant de l'opérateur correspondant.

8° *Postulat* 6 : *Principe d'évolution.* — L'état d'un ensemble mécanique est à chaque instant t représenté par une certaine fonction Ψ du point figuratif et du temps, qui doit : *a*, appartenir à un ensemble $\mathcal{E}$ de fonctions de l'espace (Ψ); *b*, être solution de l'équation d'ondes

$$\mathbf{H}\psi(\mathrm{M}, t) = \frac{h}{2\pi i}\,\frac{\partial\Psi(\mathrm{M}, t)}{\partial t},$$

M étant un point de l'espace ($\mathcal{C}$), et **H** un opérateur, appelé hamiltonien, soumis aux conditions du postulat 4.

C. 9° *Postulat* 7 : *Principe de décomposition spectrale.* — Il a la même forme qu'en Mécanique ondulatoire simple [1].

---

[1] LOUIS DE BROGLIE, *Quantification dans la nouvelle mécanique* (Hermann, 1932).

En ne considérant que les postulats des groupes A et C, on peut construire une théorie de l'évolution d'un ensemble mécanique formant une partie préliminaire à la Mécanique ondulatoire. Elle peut être construite grâce à la méthode opératorielle que nous avons indiquée ([1]).

3. Les connexions entre Mécaniques abstraites sont assez diverses : 1° deux Mécaniques ponctuelles et ondulatoires dans des espaces à un même nombre de dimensions, peuvent parfois se correspondre par une transformation de contact ; 2° on peut passer d'une Mécanique ponctuelle à une Mécanique ondulatoire (de premier type) du même espace par ondulisation et quantification, méthode qui généralise la façon dont Louis de Broglie a obtenu la première Mécanique ondulatoire ; 3° une Mécanique ondulatoire est équivalente à une Mécanique ponctuelle de l'espace des fonctions d'ondes en vertu des théorèmes de Dirac-Fock genéralisés ; 4° à une Mécanique ponctuelle, on peut associer une Mécanique ondulatoire de second type ([2]).

Le principe d'ondulisation conduit à classer les Mécaniques ondulatoires de premier type en *régulières, quasi régulières*, *semi-régulières*, *non régulières*, suivant la façon dont s'obtient l'hamiltonien.

D'autre part, nous dirons qu'une Mécanique ondulatoire de premier type satisfait au *critère* de Louis de Broglie, ou est *broglienne*, s'il existe une approximation de l'optique géométrique. Ce critère nous amène à classer les Mécaniques ondulatoires en hyperbrogliennes, brogliennes, semi-brogliennes, non brogliennes.

Conclusion. — Ainsi pensons-nous avoir indiqué les principes de la Mécanique ondulatoire générale qui doit synthétiser les principes communs des diverses Mécaniques ondulatoires, et constituer une des bases des théories quantiques, puis résumé les différentes connexions entre les Mécaniques ponctuelles et ondulatoires.

([1]) *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 518; **194**, 1932, p. 589.

([2]) *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 529, et *Thèse de doctorat*, p. 134 (Paris 1933).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Analyse thermique du système chlore oxytrichlorure de phosphore.* Note (¹) de MM. **A.-P. Rollet** et **W. Graff**, présentée par M. Matignon.

Le chlore et l'oxytrichlorure de phosphore sont à l'état liquide miscibles en toutes proportions et Beckmann (²) admet qu'aucune réaction ne se

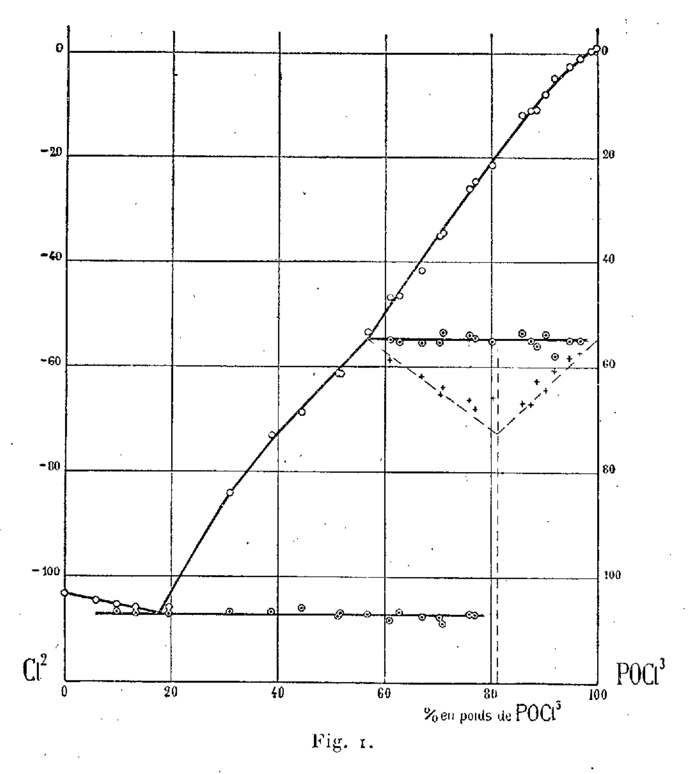


Fig. 1.

produit. Nous avons entrepris l'étude du diagramme de solidification de ce système binaire.

Le dispositif expérimental a déjà été décrit par l'un de nous (³). Les courbes de refroidissement et d'échauffement des différents mélanges étudiés ont été enregistrées photographiquement: l'agitation des mélanges

(¹) Séance du 24 juillet 1933.

(²) Beckmann, *Zeitschr. anorg. Chem.*, 51, 1906, p. 99.

(³) Graff, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1390.

étant réalisée à l'aide de l'appareil électromagnétique de Beckmann. L'oxytrichlorure de phosphore utilisé a subi dans le vide toute une série de distillations fractionnées avant d'être mis en ampoules. Le chlore électrolytique a été purifié de la même façon.

Résultats. — Le point de congélation du chlore est à —103° ± 0,5, celui de l'oxytrichlorure est à + 1°,15 ± 0,05. Pour ce dernier corps Walden (¹) indique + 1°,25 et Oddo (²) de + 1,15 à + 1°,18.

Le diagramme de la figure 1 traduit l'ensemble des résultats. Il est caractérisé par un point de transition à — 55° ± 1,5 et à 56,7 ± 0,5 pour 100 en poids de $POCl^3$. L'eutectique se trouve à — 107°,2 ± 0,5 et à 18,0 ± 0,5 pour 100; il se manifeste avec netteté dans les mélanges dont la composition est comprise entre 9 et 77 pour 100.

A titre d'exemple, la figure 2 reproduit une courbe d'enregistrement

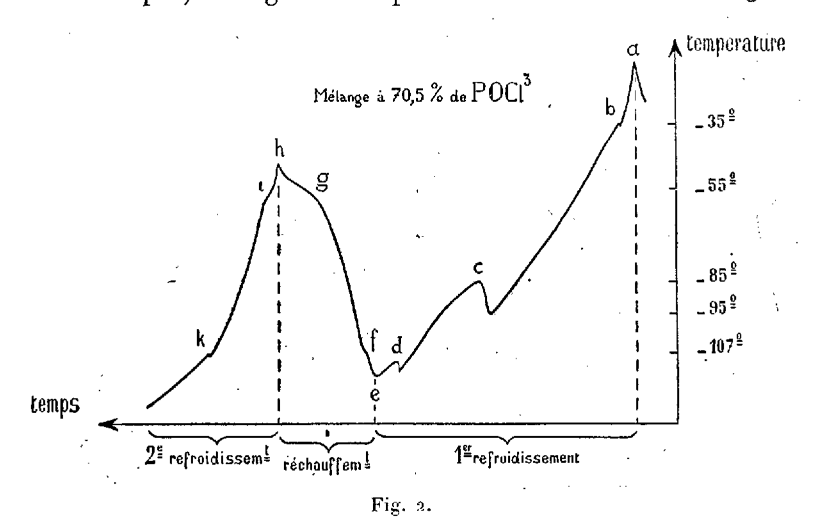


Fig. 2.

photographique relative au mélange à 70,5 pour 100 de $POCl^3$. De *a* en *e* le mélange est mis à refroidir (durée 2 heures). On distingue en *b* le début de la solidification, et en *c* une très forte recalescence qu'une autre plus petite suit en *d*. Ce dernier phénomène correspond à la solidification du mélange eutectique (— 107°). A partir de *e* on laisse le mélange se réchauffer jusqu'en *h*. On obtient en *f* la fusion de l'eutectique et en *g* un

(¹) Walden, *Zeitschr. anorg. Chem.*, 74, 1912, p. 310.
(²) Oddo et Mannessier, *Zeitschr. anorg. Chem.*, 79, 1913, p. 284.

phénomène qui correspond à *c*. On fait alors refroidir sans laisser la température remonter plus haut et en *i* on retrouve à sa vraie place (— 55°), le phénomène *c*.

A cette température de — 55° l'oxytrichlorure de phosphore déposé réagit avec le liquide restant [1]. Une étude comparative des durées de palier sur les courbes d'échauffement montre qu'à — 55° le maximum de l'effet thermique est obtenu avec des mélanges de compositions comprises entre 76 et 83 pour 100 en poids de $POCl^3$. Un composé tel que $POCl^3.Cl^2$ correspond à 68,4 pour 100, et de même $2\,POCl^3.Cl^2$ à 81,2 pour 100. Nous admettons par conséquent que la combinaison formée a pour formule : $2\,POCl^3.Cl^2$ ou $(Cl)^4 \equiv P - O - O - P \equiv (Cl)^4$.

En résumé, l'analyse thermique des mélanges de chlore et d'oxytrichlorure de phosphore montre l'existence d'une combinaison que nous considérons comme un oxytétrachlorure de phosphore. Ce composé nouveau se présente en petits prismes jaunes et se dissocie en chlore et oxytrichlorure au-dessus de la température de — 55°.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Le trichlorure d'antimoine, nouveau réactif de la double liaison.* Note de M. **Sébastien Sabetay**, présentée par M. Delépine.

En étudiant la réaction colorée que l'essence de géranium donne avec le brome chloroformique [2], nous avons constaté que certaines autres huiles essentielles se colorent en présence de brome chloroformique en bleu, vert ou violet, réaction qui semble être due à la présence de sesquiterpènes azulénogènes.

Cette observation nous a rappelé la réaction colorée bleue que la vitamine A donne avec le trichlorure d'antimoine (réaction de Carr et Price) et nous a suggéré l'idée d'étudier l'action de ce réactif sur différentes huiles essentielles.

Nous avons fait la constatation intéressante que le trichlorure d'antimoine,

---

(1) La réaction n'est pas complète comme la courbe des paliers le montre bien (*fig.* 1). Ceci explique que nous avons quelquefois retrouvé trace de l'eutectique avec des mélanges à 88 pour 100.

(2) S. Sabetay, *Die Riechstoffindustrie*, 8, 1933, p. 26; *Annales de Chimie analytique*, 15, 1933, p. 194-196.

qui produit une coloration avec de nombreuses essences, ne réagit que sur les dérivés non saturés.

A côté du permanganate, du brome, du tétranitrométhane, de l'acide perbenzoïque, du tétroxyde d'osmium, de l'ozone et de l'hydrogène, etc., le trichlorure d'antimoine, en solution chloroformique, constitue donc un réactif de la double liaison, peut-être aussi de la liaison triple. Des essais en cours portant sur de nombreuses substances nous permettront de déterminer la sensibilité de la réaction, les meilleures conditions dans lesquelles elle s'accomplit ainsi que les exceptions qu'elle comporte.

Il est probable que d'autres substances apparentées au Cl^3Sb se comportent de la même façon et nous avons étendu nos recherches dans ce sens également.

On sait que la réaction de Carr et Price n'est pas spécifique. Des caroti-noïdes ne possédant pas des propriétés vitaminiques se colorent en bleu avec Cl^3Sb, et il en est de même d'un produit de condensation de la β-ionone, isolé tout récemment par H. Vogel et M. Stohl (1).

D'autre part, divers chercheurs ont constaté que Cl^3Sb se colore en rouge avec le cholestérol, certains terpènes etc., mais personne, à notre connaissance, n'a signalé que ce sont justement les corps à double liaison qui provoquent la réaction colorée.

Le réactif se prépare d'après Carr et Price, c'est-à-dire en dissolvant 30^g de Cl^3Sb (beurre d'antimoine) dans le chloroforme et en amenant à 100. Un à deux centimètres cubes de cette solution sont traités par une ou plusieurs gouttes de la substance à examiner.

Dans le cas des corps à double liaison on observe, immédiatement ou au bout de quelques minutes, une coloration jaune, brune, rouge, le plus souvent accompagnée d'un précipité rose, jaune, brun. Parfois la solution se colore en vert bleu, mais la teinte est infiniment moins intense qu'avec les carotinoïdes.

L'obtention d'un précipité blanc, tel qu'il se forme avec des dérivés basiques (par exemple anthranilate de méthyle triéthanolamine) n'est pas significative.

Tout comme les autres réactifs de la double liaison, le trichlorure d'antimoine n'a pas une action absolument générale. Ainsi, il ne réagit pas sur certaines doubles liaisons (styrolène, acide cinnamique, trichloréthylène,

(1) H. Vogel et M. Stohl, *Ber. dtsch. chem. Ges.*, 66, 1933, p. 1066.

alcool allylique, acide crotonique); en revanche, il se teinte légèrement avec certains aldéhydes.

Il n'y a pas lieu de s'en étonner outre mesure, car la même limitation de généralité ou de spécifité s'observe notamment avec le permanganate, décoloré par les aldéhydes, avec le brome qui ne se décolore pas si les atomes de carbone éthyléniques sont porteurs de radicaux fortement électronégatifs; enfin, le trinitrométhane se colore non seulement en présence des dérivés éthéniques, mais même en présence des dérivés saturés.

L'examen d'une centaine de corps nous a donné des résultats nets. Aucune coloration avec les carbures saturés ni avec les noyaux aromatiques. Par contre, avec l'octène-2, le pinène, le limonène, le bromostyrolène, etc., on a des colorations ou des précipités colorés. La réaction est négative avec les alcools saturés (glycérol, cyclohexanol, alcools phényléthylique et benzylique), elle est positive pour le citronellol (et négative pour le dihydrocitronellol), le farnésol, le nérolidol, l'isopulégol, le linalol, le cholestérol. Les mono- ou polyphénols saturés et leurs éthers (phénol, résorcine, hydroquinone, etc.) ne donnent pas de coloration, contrairement à l'eugénol, anéthol, etc., qui se colorent en présence de Cl^3Sb.

Les cétones (α- et β-ionone) donnent des précipités jaunes ou rouges. Les aldéhydes saturés (aldéhyde benzoïque, essence d'amandes amères) ne réagissent pas, sauf quelques-uns qui se teintent en jaune; la vanilline, par contre, donne un précipité jaune citron.

La réaction est négative avec les acides mono- et polycarboniques saturés (acide tartrique, acétique, phénylacétique, quinique, gallique, etc.), par contre positive avec les acides oléique, ricinoléique, linoléique, citronellique, etc. Les huiles grasses (olive, ricin) réagissent positivement ainsi que la plupart des huiles essentielles (lavande, citron, bergamote, gaïac, térébenthine).

La réaction est négative avec le nitrobenzène, etc.

Une triple liaison (heptinecarbornate d'éthyle) produit un précipité rose.

LITHOLOGIE. — *Quartzites à magnétite du cercle de Man et de ses environs (Côte d'Ivoire).* Note [1] de M. **Michel Bolgarsky**.

Durant mes tournées en Côte d'Ivoire, j'ai étudié en détail par un quadrillage serré la région Man-N'Zo-Toulépleu-Tai-Soubré-Fleuve Sas-

[1] Séance du 21 août 1933.

sandra-Rivière-Bafing. J'ai pu préciser les données (1) concernant la répartition et l'allure des quartzites à magnétite dans la région précédente, et reconnaître de nombreux affleurements de cette formation non encore signalés. Leur étude suivie sur le terrain et au Service Géologique de l'A. O. F. à Dakar m'a conduit aux conclusions suivantes :

Les quartzites à magnétite des Monts Nimba sont très différents d'aspect, et probablement d'origine, de ceux que l'on trouve plus à l'Est dans le cercle de Man et ses environs. Nous ne nous occuperons que de ces derniers.

Les quartzites à magnétite du cercle de Man et de ses environs sont composés de grains de quartz, de cristaux de magnétite et rarement de pyroxène ou d'amphibole. Le quartz est englobé par la magnétite, et, là où existe le pyroxène, la magnétite moule ce dernier. La roche a une structure et une texture rubanées, où les traînées de quartz se succèdent avec celles de magnétite, cette dernière formant parfois des lits de minerai pur.

Ces quartzites sont en relation étroite avec des roches basiques métamorphisées et semblent eux être aussi d'origine éruptive. Les données qui viennent à l'appui de cette opinion sont les suivantes :

1° Les quartzites n'apparaissent sur le terrain que liés à des roches basiques, métamorphisées et écrasées (ortho-amphibolites et orthopyroxénites). Leurs affleurements sont peu puissants. Au cas où ils occupent une surface plus grande, ils sont séparés par de nombreux affleurements de roches basiques.

2° Il existe toujours un passage latéral du quartzite à la roche basique encaissante par un faciès de transition, formé essentiellement de quartz, de grenat, de pyroxène ou d'amphibole et de magnétite. Cette roche montre un certain rubanement dans la croûte superficielle, elle devient plus compacte à 1 ou 2^{m} de profondeur.

3° Il n'existe aucun niveau de conglomérat, ni de passage à des roches franchement sédimentaires (grès ou grès quartzitique), ni de schistosité entre-croisée ;

4° La direction du rubanement et le pendage des quartzites, des roches basiques métamorphisées et des granito-gneiss restent toujours concordants ;

5° La région étudiée dans son ensemble est une région nettement éruptive ;

---

(1) H. Hubert, *Carte géologique de l'A. O. F. au* 1000000e, feuille n° 10 (*Bingerville*), 1917; Aubert de la Rüe, *Rev. de Géogr. phys. et de Géol. dyn.*, 3, 1, 1930, p. 17.

6° L'analyse chimique des quartzites décèle, outre les principaux éléments, du manganèse, de l'aluminium, du titane et du nickel.

Parallèlement aux quartzites à magnétite, j'ai reconnu, pour la première fois dans cette région, des roches analogues, mais à oligiste.

ZOOLOGIE. — *Quelques structures des amphiblastules d'Éponges calcaires.* Note (¹) de M. **O. Duboscq** et Mlle **O. Tuzet**, présentée par M. M. Caullery.

Les travaux les plus récents sur le développement des Éponges calcaires n'ont ajouté que peu de chose à ce que F. E. Schulze (²) nous avait appris des premiers stades des amphiblastules. On sait donc que la segmentation aboutit d'abord à une jeune blastule lenticulaire, et qu'avant la pseudogastrulation, les grosses cellules qui s'invagineront se distinguent par leur aspect des futures cellules flagellées (cellules columnaires). Ce que l'on n'a pas vu, c'est que toutes les cellules columnaires donnent très tôt naissance à un beau flagelle, qui vient battre dans la cavité blastulaire. Parfois, un groupe de ces flagelles traverse le pore du pôle postérieur et atteint l'extérieur (*fig.* 1). Il en est ainsi chez *Grantia* comme chez *Sycon* (*Sycandra*).

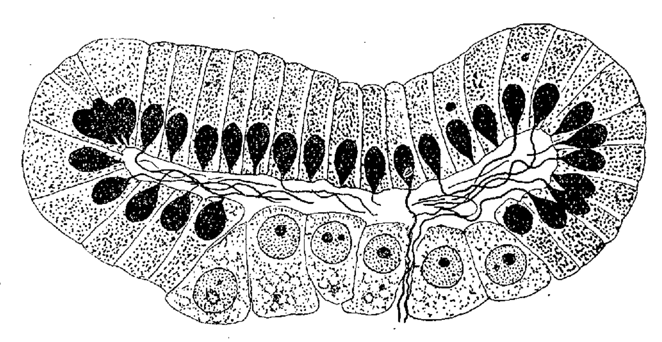


Fig. 1. — Coupe d'une jeune blastule de *Grantia compressa pennigera* Hœck. Champy. H. F. × 1800.

Delage (³) a pu écrire : « Il n'y a pas un zoologiste qui, voyant la larve de *Sycandra*, n'affirmerait que les cellules ciliées sont l'ectoderme et les granuleuses l'endoderme ». Il parlait, bien entendu, d'un stade postérieur, de l'amphiblastule au terme de son développement avec cellules granu-

(¹) Séance du 21 août 1933.

(²) *Zeitsch. f. wiss. Zool.*, Suppl. 3, 25, 1875, p. 248.

(³) *Arch. Zool. expérimentale*, 2ᵉ série, 10, 1892, p. 345.

leuses dévaginées et cellules columnaires pourvues de flagelles externes. Aujourd'hui, devant le stade à flagelles internes que nous venons de signaler, nous croyons que tout zoologiste interprétera comme futures cellules des corbeilles, c'est-à-dire comme endoderme, les cellules flagellées de la jeune blastule.

Nous attirerons maintenant l'attention sur une autre structure que nous avons observée chez *Sycon ciliatum* Lieb. Sur une coupe transversale de l'amphiblastule développée on trouve, placées en croix, 4 grandes cellules très particulières (*fig.* 2). Les coupes sagittales montrent que ces cellules

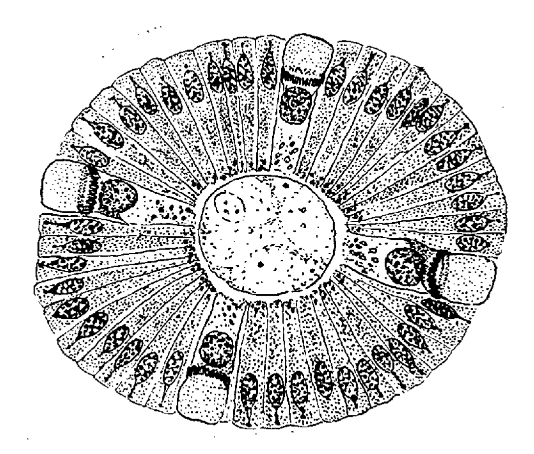


Fig. 2. — Coupe transversale d'une amphiblastule de *Sycon ciliatum* Lieb. Bouin alc. H. F. × 1800.

occupent toujours une position précise et appartiennent au troisième rang des cellules flagellées, en comptant les rangées à partir de l'équateur. Ces grosses cellules ont leur noyau en leur milieu; leur cytoplasme est chargé dans la partie basale de grosses granulations; la partie distale est au contraire hyaline avec, au-dessus du noyau, un bel anneau chromatique, qui paraît formé tantôt de bâtonnets serrés, tantôt de petites vésicules. Cet anneau limite la base d'un cône faiblement chromatique, dont le sommet vient s'insérer sur un flanc de la cellule en arrière du noyau.

L'interprétation de cette structure, insuffisamment précisée, reste difficile. La couronne de bâtonnets chromatiques a l'air de grains basilaires de cils, mais on ne peut vraiment croire à l'existence de cellules ciliées (*sensu stricto*) chez les Éponges. On a plutôt l'impression qu'il s'agit de cellules sensorielles spéciales, et, à en juger d'après le globe réfringent distal, de cellules sensibles à la lumière. Leur disposition en croix rappelle celle des

organes sensoriels de certaines larves d'Hydroméduses. Et, de plus en plus, on a tendance avec Lameere (1), à rapprocher les Spongiaires des Cœlentérés.

Dans un tout autre ordre d'idées, on pourrait comparer l'anneau chromatique des cellules en croix de l'amphiblastule à l'anneau de Giardina de la dernière ovogonie des Dytiscides. Il représenterait ainsi de la chromatine d'élimination et l'on serait en face des cellules souches des ovogonies. Nous n'y croyons guère. Mais, pour interpréter ces cellules, il faut connaître leur évolution et nous n'avons pu la suivre.

Les dernières structures que nous voudrions signaler ici ne concernent plus, précisément, les amphiblastules, mais, avant tout, la membrane qui les enveloppe. D'après Gatenby (2), cette « membrane placentaire » est formée par des amœbocytes, dérivant eux-mêmes de cellules flagellées émigrées. La plupart de ces amœbocytes se chargent de granules vitellins qui nourrissent la larve. Selon nous, non seulement ces grains passent dans les cellules granuleuses de l'amphiblastule, mais des cellules entières à grains vitellins se détachent de la membrane placentaire pour pénétrer à l'intérieur de la larve.

Dendy (3) a montré, d'autre part, que, pour l'expulsion de la larve, cette membrane d'enveloppe s'abouche largement avec la paroi de la corbeille voisine. Ce qui, semble-t-il, n'a pas été vu, c'est qu'avant de devenir le simple diverticule d'une corbeille, la membrane d'enveloppe en prend elle-même le caractère. Un certain nombre de ses cellules donnent naissance à un flagelle. En se transformant ainsi en choanocyte, l'amœbocyte fait retour à son état originel.

La séance est levée à 15h15m.

A. Lx.

---

(1) *Ann. Soc. Zool. Malac.*, Belgique, 43, 1908, p. 107.
(2) *Journ. R. Micr. Sc.*, 49, 1929, p. 174.
(3) *Proc. R. Soc. Victoria*, nouvelle série, 2, 1890, p. 93.

ERRATA.

(Séance du 16 août 1933.)

Note de Mlle *Françoise Bloch* et M. *Louis Gallien*, Sur un Copépode parasite de la ponte de *Carcinus mænas* Pennant (*Lecithomyzon mænadis* n. g., n. sp.) :

Page 491, ligne 3 en remontant, *au lieu de* dont la taille définitive est celle du Crabe, *lire* est celle des œufs du Crabe.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 4 SEPTEMBRE 1933.

PRÉSIDENCE DE M. ÉMILE BOREL.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

MÉTÉORITES. — *Sur une chute de météorite survenue au Cambodge, le 9 janvier* 1933. Note (¹) de M. **A. Lacroix**.

Au cours d'une tournée géologique au Cambodge, M. E. Saurin ayant appris qu'une météorite était tombée, le 9 janvier 1933, vers $16^h 30^m$ à Phum Sambo (village de Tang kok, Khand de Choeung Prey), dans la province de Kompong Cham, s'est livré à une enquête qui lui a permis d'obtenir un fragment de cette météorite, dont il a bien voulu envoyer un échantillon au Muséum national d'Histoire naturelle, en même temps que les renseignements suivants sur le phénomène de la chute. Il s'agit d'une météorite pierreuse.

« Ce jour-là, les indigènes de Phum Sambo entendirent *un bruit formidable de grondements de tonnerre*, dit le chef du village de Tang kok, et virent une traînée blanchâtre dans l'air et une colonne de *fumée* montant du sol au moment de la chute.

» Le bruit de la détonation fut perçu à Cham car Loeu et à Kompong Cham, notamment par les Européens de cette dernière ville. Ces deux localités sont distantes, l'une et l'autre, d'environ 60^{km} à vol d'oiseau du point de chute.

» Un témoin européen, M. Perruchot, ex-surveillant des travaux publics, qui se trouvait à ce moment sur la route, non loin de cet endroit, entendit cette détonation insolite et interrogea, le premier, les indigènes se trouvant dans les parages. Ceux-ci lui apprirent qu'un bloc de pierre d'environ 40^{cm} de longueur et 10^{cm} de large était tombé dans l'eau de la rizière, avec production de fumée et projection d'éclats de

---

(¹) Séance du 16 août 1933.

boue, après qu'ils eurent entendu la détonation et aperçu dans le ciel une traînée lumineuse.

» J'ajoute que les chutes de météorites sont connues des Cambodgiens. Le folklore de ce pays leur attribue une valeur de présage : présage funeste annonçant pour l'année en cours toutes sortes de calamités et notamment la guerre. »

Ce récit est conforme aux observations habituelles faites sur ce phénomène, mais il faut retenir la particularité du dégagement de vapeur au moment de la chute dans la rizière, car il démontre d'une façon plus sensible que les récits, souvent sujets à caution, des témoins non cultivés, que la périphérie de la météorite avait une température encore élevée au moment où elle est arrivée au terme de sa course.

Une photographie du bloc de $7^{kg},800$ conservé au Musée du Service géologique d'Hanoï, et l'examen de l'échantillon donné au Muséum montrent que la croûte noire de cette météorite recouvre de nombreux piézoglyptes peu profonds, mais tout à fait caractéristiques. Cette croûte est fort adhérente à la masse même de la pierre dont la cassure est grisâtre et laisse voir une texture bréchiforme; des fragments anguleux jaunâtres sont plus cristallins que la masse grise, riche en chondres de même couleur qui les enveloppe. Sur une surface polie, le fer métallique apparaît assez abondant; cette chondrite appartient au groupe *pliosidérifère, polychondritique*.

L'examen microscopique des lames minces permet de constater que les chondres d'olivine et de pyroxène rhombique sont non seulement nombreux, mais très variés de structure. Le pyroxène forme des prismes exceptionnellement gros, existant, soit à l'état de débris, soit groupés dans des chondres. Il est par suite aisé de déterminer leurs propriétés optiques; l'angle 2 V est voisin de 90°, la comparaison des sections respectivement perpendiculaires à chacune des deux bissectrices montre que le minéral est optiquement négatif; c'est donc une bronzite, inclinant vers l'hypersthène, mais certains des cristaux sont monocliniques, finement maclés, et appartiennent à la clinobronzite qui, aussi bien que la bronzite, est souvent entourée par une fine bordure, orientée sur elle, de diopside-bronzite monoclinique, un peu plus biréfringent.

L'étude métallographique du fer nickelé met en évidence son hétérogénéité; sur un fond de kamacite apparaissent de fines veinules sans orientation fixe, d'un autre alliage; on ne constate pas de structure octaédrique. La pyrrhotine, assez abondante, est localement incluse dans ce fer.

Cette météorite est la seconde dont la chute ait été matériellement cons-

tatée au Cambodge; la première est tombée, le 20 juin 1868, à Phnom Penh : C'est une chondrite moyennement riche en fer (miosidérifère).

D'autre part, deux météorites sont tombées en Cochinchine, l'une [1] le 22 septembre 1887, à Phu Long (canton de Binh Chanh) et la seconde [2], à Tuan Tuc (province de So Trang), le 30 juin 1921. Toutes deux sont polychondritiques, mais la première est pliosidérifère, alors que la seconde est miosidérifère.

PHYSIQUE INDUSTRIELLE. — *Sur la réalisation prochaine d'une usine Claude-Boucherot sur bateau.* Note de M. **Georges Claude.**

J'ai l'honneur d'informer l'Académie de la reprise de mes travaux sur l'utilisation de l'énergie thermique des mers.

Depuis que mes essais de Cuba ont montré la possibilité théorique et pratique du procédé Claude-Boucherot, les circonstances exceptionnelles qui pèsent sur le monde ont empêché la réalisation *industrielle* que je souhaite.

J'ai été conduit récemment à envisager un mode de réalisation très différent de ceux que j'avais considérés jusqu'ici, et grâce auquel devient réalisable et exploitable à moindres frais une station de quelques milliers de kilowatts, convenable pour une première application pratique.

J'avais jusqu'à ce jour écarté la solution des *stations ou îles flottantes* établies spécialement, qui est celle de l'avenir : ces stations, en effet, ne posséderaient la stabilité impeccable et quasi perpétuelle nécessaire à l'alimentation d'un réseau de distribution d'énergie, qu'à la condition d'être d'un très gros tonnage, donc très puissantes ; leur coût serait élevé, inadmissible pour une première installation.

J'avais donc dû m'en tenir à la conception des stations *à terre*, établies sur les points, assez rares, où les grands fonds avoisinent la côte, avec la condition, autrement restrictive encore, que des effondrements ou brèches de la falaise sous-marine très raide qui limite fréquemment le plateau conti-

---

(1) Delauney, *Comptes rendus*, **105**, 1887, p. 1281, et A. Lacroix, *Ibid.*, **180**, 1925, p. 1977.

(2) Ch. Jacob et Marc Rémoville, *Ibid.*, **173**, 1921, p. 1373, et A. Lacroix, *Ibid.*, **180**, 1925, p. 1977.

nental aient modifié localement le profil du fond, le rendant propre à un établissement pratique de la conduite d'eau froide.

De là l'obligation de s'établir sur une côte généralement déserte, inhospitalière, éloignée des grands centres de consommation de l'énergie; d'y installer, dans des conditions d'aménagement et de ravitaillement précaires, une usine qui ne pourrait en général placer l'énergie produite qu'au loin et à grands frais : toutes choses faciles dans l'avenir avec une technique bien assise et pour des installations puissantes, impossibles ou presque à faire admettre aux capitaux susceptibles de s'engager dans une première application, forcément modeste.

En fait, dans les circonstances présentes, je n'ai pu faire accepter un tel programme aux amis français et étrangers qui m'avaient soutenu jusque-là — auxquels je reste profondément reconnaissant.

Une idée fort simple a changé tout cela.

Par une autre conséquence de la crise mondiale, les *bateaux désarmés ne coûtent presque rien.*

Or, un gros cargo, de 10000 tonnes par exemple, peut présenter une grande stabilité, sauf par gros temps, surtout à l'arrêt et maintenu debout aux lames. On pourra donc installer à son bord une usine Claude-Boucherot, même de petite puissance, capable d'un fonctionnement régulier, gros temps excepté. Sans doute cette stabilité ne serait pas telle qu'elle permette par exemple d'alimenter un réseau électrique : elle pourra être amplement suffisante si l'on trouve un moyen convenable, pouvant s'accommoder en particulier d'arrêts occasionnels, d'utiliser *à bord même du bateau* l'énergie produite : on verra tout à l'heure que j'ai pensé à une application de cette sorte et particulièrement intéressante.

Du coup, toutes sortes d'avantages évidents apparaissent.

1° Possibilité de s'installer en des points infiniment plus nombreux des côtes tropicales, puisqu'il devient facile de s'installer à 20^{km} et plus, même en pleine mer si l'éloignement des grands fonds le rend nécessaire.

2° Possibilité résultante de s'établir à proximité de grands centres de consommation des produits fabriqués

3° Conduite sous-marine très améliorée dans sa construction, dans sa pose et dans son efficacité, puisqu'elle sera verticale, de longueur et de poids minimum, de pertes de charge et de pertes de froid très réduites.

4° Conditions d'établissement de l'usine elle-même infiniment meilleures que sur une côte sauvage, puisqu'elle sera construite dans un chantier

naval, sur le bateau lui-même, ainsi que la conduite sous-marine, laquelle n'aura plus qu'à être immergée sur place, dans des conditions telles que le bateau puisse s'en séparer à volonté en cas de très gros temps.

Etc., etc.

Reste à utiliser sur le bateau l'énergie produite.

Or il est une utilisation qui, excellemment appropriée aux conditions locales, permettra de demander à la mer génératrice de cette énergie d'en augmenter elle-même *dans une mesure énorme* l'effet utile. C'est la fabrication *de la glace*.

Le fait, en effet, de disposer à bord du bateau de l'eau froide du fond entraîne des conditions d'ordre thermodynamique incomparablement meilleures que celles réalisées dans les usines à glace de la côte. On sait en effet que l'efficacité frigorifique de l'énergie dépensée dépend, *grosso modo*, de l'écart de températures à réaliser : or celui-ci n'est pas moindre de 35 à 40° dans les usines à glace de ces régions, tandis qu'il sera à bord de 10 à 12°, du fait de l'eau froide à + 5° et de la basse température moindre, suffisante pour la glace *non alimentaire* désirée. De là des rendements de l'ordre *du triple* des rendements actuels.

Dans ces conditions, auxquelles devront se superposer une grande simplicité de fabrication et un système de distribution de la glace à terre absolument rationnel, on pourra faire tomber le prix de la glace *non alimentaire* chez le consommateur au-dessous du *cinquième* de son prix actuel; c'est la possibilité d'applications toutes nouvelles; c'est, en particulier, la possibilité de lutter contre la chaleur et de transformer ainsi les conditions d'existence des villes côtières de ces régions.

Je sais toutes les objections qu'on ne manquera pas de faire à cette conception d'usine d'énergie, ainsi qu'à l'utilisation que j'ai en vue. Je crois savoir aussi les réponses qu'on y peut faire. Toutefois, je ne puis naturellement prévoir l'accueil qui sera fait à cette application de la glace ni l'importance que pourra prendre ce débouché. Je n'ai donc pu fournir la preuve que ce projet tiendrait financièrement.

Estimant cependant capitale cette réalisation qui, pour des buts autrement importants dans l'avenir, montrera le caractère pratique du procédé Claude-Boucherot, et n'ayant pu obtenir les concours nécessaires, j'ai décidé de le réaliser moi-même.

Un cargo de 10000 tonnes, le *Tunisie*, sera affecté à cette réalisation. Il

est dès à présent aux *Chantiers de France* à Dunkerque pour la réalisation, sur mes plans et ceux de mon collaborateur Congy, d'une station dont la puissance a été limitée volontairement à 1800 kilowatts *utiles*, sur lesquels plus de 1200 kilowatts pourront être employés à la fabrication de la glace.

Je me réserve de revenir ultérieurement sur les caractéristiques essentielles de cette usine.

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de l'Éducation nationale** invite l'Académie à désigner un de ses membres (Section de Médecine et Chirurgie) qui occupera dans la première section de la Caisse des Recherches scientifiques la place vacante par le décès de M. *E. Quénu*.

ANALYSIS SITUS. — *Sur les continus cycliques plans.* Note de M. **Arnaud Denjoy**, présentée par M. Émile Borel.

Un continu cyclique plan H est susceptible de deux définitions équivalentes, l'une géométrique, l'autre analytique.

Définition géométrique. — *Un continu cyclique* H *est un continu uniforme frontière d'une région* R. — Nous entendons la continuité uniforme au sens suivant (condition D *bis*) : Si petit que soit ε positif donné, on ne peut former dans H qu'un nombre fini de continus deux à deux sans point commun et de diamètre supérieur à ε.

Parmi les continus cycliques, nous distinguons le cas réduit et le cas général, selon que le complémentaire de H est identique à R ou contient au moins une autre région ρ.

Cas réduit. — Quels que soient les points M et M′ de H, il existe dans H un arc simple de Jordan et un seul K(M, M′) ayant pour origine M et pour extrémité M′. On déduit de ceci la décomposition :

$$H = K(A_0, B_0) + K(A_1, B_1) + \ldots + K(A_n, B_n) + \ldots + H_0,$$

$K(A_n, B_n)$ ayant en commun avec $K(A_0, B_0) + \ldots + K(A_{n-1}, B_{n-1})$ le seul point A_n.

Les points M de H se distinguent en points extrêmes J, ordinaires N ou de ramification I, selon que le nombre maximum d'arcs-intervalles deux à deux sans points communs, situés dans H, ayant pour origine M, est 1, 2 ou au moins 3.

Tout point ordinaire est dans un arc-intervalle $K(A_i, B_i)$. Les points de ramification sont les $A_n (n \geqq 1)$. Les points extrêmes sont A_0, les $B_i (i \geqq 0)$ et les points de H_0.

H est analogue au système d'un fleuve et de ses affluents et sous-affluents de tous ordres. Les points de ramification sont les confluents. Les points extrêmes sont les sources, et l'embouchure du fleuve.

Cas général. — Toute région ρ du complémentaire de H, distincte de R, est limitée par une courbe fermée simple Γ que nous décrirons de façon que ρ soit dans sa région négative Γ^- et R par conséquent dans sa région positive Γ^+. Deux courbes Γ non identiques ont au plus un point commun.

Par deux points M et M' de H passe un arc simple $K_0(M, M')$ et un seul, ayant pour origine M, pour extrémité M', et tel que tout point de $K_0(M, M')$ est approché par des points de R du côté *positif* de cet arc. L'ensemble des deux arcs $K_0(M, M') + K_0(M', M)$ forme un continu $\overline{K}(M, M')$ constitué de points et de courbes fermées, homéomorphe à un ensemble fermé rectiligne accru des circonférences décrites sur ses intervalles contigus comme diamètres.

On a encore la décomposition

$$H = \overline{K}(A_0, B_0) + \overline{K}(A_1, B_1) \ldots + \overline{K}(A_n, B_n) + \ldots + H_0,$$

$\overline{K}(A_n, B_n)$ ayant le seul point A_n commun avec

$$\overline{K}(A_0, B_0) + \ldots + \overline{K}(A_{n-1}, B_{n-1}).$$

Il y a ici quatre sortes de points M de H.

Si l'on forme deux systèmes d'arcs-intervalles, d'une part, $K_0(M, M')$, $K_0(M, M'')$, ..., et d'autre part, $K_0(M'_1, M)$, $K_0(M''_1, M)$, ..., respectivement deux à deux sans points communs et en nombre maximum (ce nombre est le même pour les deux systèmes s'il est fini), M sera un point extrême, J un point unilatéral, J' un point ordinaire, N un point de ramification I, selon que ces systèmes contiennent un, un, deux ou au moins trois arcs. On distingue les deux premiers cas, selon que les deux arcs-intervalles uniques $K_0(M, M')$ et $K_0(M'_1, M)$ ont nécessairement des points communs (point extrême J) ou peuvent être sans points communs (point unilatéral J').

Les A_0, B_i ($i \geqq 0$) sont extrêmes ou unilatéraux. Les A_i ($i \geqq 1$) sont ordinaires ou de ramification. Les points de H_0 sont extrêmes. Tout point ordinaire distinct des A_i appartient à un $K(A_i, B_i)$ et à un seul.

Le cas général est figuré par le système d'un fleuve et de ses affluents et sous-affluents, chacun traversant une file de lacs, sans îles ni deltas. Les points unilatéraux sont sur la rive d'un lac, mais non au débouché d'un cours d'eau, ni au contact d'un autre lac.

Un point où un seul affluent se déverse dans un lac (ou le point de contact de deux lacs) est ordinaire. Le point de concours de trois lacs serait un point de ramification.

On montre immédiatement que H est susceptible d'une représentation cyclique.

Définition analytique. — Soient Ω un cercle parcouru dans un sens défini, μ un point variable de Ω, auquel correspond un point déterminé M. H est le lieu de M.

Condition α (représentation jordanienne) : M *est continu en* μ, *et aucun arc continu de* Ω *ne définit un même point* M.

Condition β (représentation dénouée) : Si les deux points M et M' de H admettent comme homologues respectifs μ_1, μ_2 et μ'_1, μ'_2 sur Ω, *ces deux derniers couples de points n'alternent pas.*

Condition γ (représentation cyclique) : I, M, M', M'' étant quatre points de H différents (IM), (IM'), (IM'') trois arcs-intervalles, deux à deux sans point commun, représentés sur trois arcs i, i', i'' successifs sur Ω parcouru dans le sens direct, *la succession de* (IM), (IM'), (IM'') *dans une rotation positive autour de* I *est* RÉTROGRADE.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur un problème de minimum concernant une certaine classe de polynomes.* Note (¹) de M. **L. Tchakaloff**, transmise par M. Émile Borel.

Soit $\psi(x)$ une fonction croissante définie pour toute valeur réelle de x. Supposons de plus que les $k+1$ intégrales de Stieltjes

$$\mathfrak{I}_\nu = \int_{-\infty}^{\infty} x^\nu \, d\psi(x) \qquad (\nu = 0, 1, 2, \ldots, k)$$

(¹) Séance du 21 août 1933.

convergent et que $\psi(x)$ a au moins $n=[k/2]+1$ points de croissance. On démontre facilement qu'il existe une chaîne de $n+1$ polynomes

$$(1) \qquad P_0=c_0,\ P_1(x),\ P_2(x),\ \ldots,\ P_n(x)$$

tels que :

1° $P_\nu(x)$ est de degré ν;

2° Le coefficient de x^ν dans $P_\nu(x)$ est égal à un nombre positif c_ν donné d'avance;

3° $$\int_{-\infty}^{\infty} P_\mu(x)\,P_\nu(x)\,d\psi=0 \qquad \text{pour} \qquad \mu\neq\nu \quad \text{et} \quad \mu+\nu\leqq k.$$

Les polynomes (1) sont d'ailleurs complètement déterminés par les conditions 1°, 2° et 3°, à l'exception du polynome $P_n(x)$ lorsque k est pair; dans ce cas exceptionnel, $P_n(x)$ peut être remplacé par tout polynome de la forme $P_n(x)+c\,P_{n-1}(x)$, où c désigne une constante réelle et arbitraire.

Signalons les propriétés suivantes des polynomes $P_\nu(x)$: *a*) $P_\nu(x)$ a tous ses zéros réels et simples; *b*) quelle que soit la constante réelle c, les zéros du polynome $P_\nu(x)+c\,P_{\nu-1}(x)$ sont aussi réels et simples; pour $\nu\geqq 2$ entre deux zéros consécutifs de ce polynome se trouve un et un seul zéro de $P_{\nu-1}(x)$.

Cela posé, envisageons la classe C_k de tous les polynomes réels $\varphi(x)$ de degré $\leqq k$ satisfaisant à la condition

$$(2) \qquad \int_{-\infty}^{\infty} \varphi(x)\,d\psi(x)=0.$$

Il est évident que tout polynome $\varphi(x)$ de la classe C_k s'annule au moins pour une valeur réelle ξ de x qui varie en général avec $\varphi(x)$. Je me propose à restreindre autant que possible le champ de variabilité des nombres ξ ainsi obtenus. Je vais tout de suite préciser le sens que j'attribue aux mots « autant que possible ». Convenons de dire qu'un ensemble $\mathcal{E}_k$ de nombres réels représente un *ensemble minimum* par rapport à la classe C_k lorsqu'il satisfait aux conditions suivantes :

1° A tout polynome $\varphi(x)$ de C_k correspond au moins un ξ de $\mathcal{E}_k$ tel que $\varphi(\xi)=0$;

2° Aucune partie propre (*echte Teilmenge*) de $\mathcal{E}_k$ ne possède pas la propriété ci-dessus; en d'autres termes, quel que soit le nombre ξ de $\mathcal{E}_k$ on peut lui faire correspondre un polynome $\varphi(x)$ de C_k qui ne s'annule dans $\mathcal{E}_k$ que

pour $x = \xi$. Je me propose de *déterminer effectivement tous les ensembles minima correspondant à la classe* C_k *de polynomes*. Voici les résultats que j'ai obtenus en modifiant convenablement ma méthode que j'ai déjà appliquée à des problèmes analogues [1].

Premier cas : k impair ($k = 2n-1$). — Si k est supérieur à 3, le seul ensemble minimum par rapport à la classe C_k est l'intervalle ouvert $x_1 < x < x_n$, x_1 et x_n étant les zéros extrêmes de $P_n(x)$. Dans le cas $k = 3$, il existe deux ensembles minima coïncidant avec les deux intervalles semi-ouverts $x_1 \leqq x < x_2$ et $x_1 < x \leqq x_2$, où x_1 et x_2 sont les zéros de $P_2(x)$; enfin il existe un seul ensemble minimum par rapport à la classe C_1 qui ne contient qu'un seul nombre α_0, zéro du polynome $P_1(x)$.

Deuxième cas : k = 2. — Posons

$$\tau^2 = \int_{-\infty}^{\infty} (x-\alpha_0)^2\, d\psi \int_{-\infty}^{\infty} d\psi$$

et partageons tous les nombres inférieurs à α_0 en deux ensembles complémentaires A et A′ [2]. La formule

$$b = \alpha_0 + \frac{\tau^2}{\alpha_0 - a'}$$

fait correspondre à tout nombre a' de A′ un nombre b supérieur à α_0. En désignant par B l'ensemble des nombres b ainsi obtenus, l'ensemble

$$\mathfrak{E} = A + \alpha_0 + B$$

représente l'ensemble minimum le plus général par rapport à la classe C_2.

Troisième cas : k = 2n − 2, n > 2. — Tout ensemble minimum par rapport à la classe C_{2n-2} représente un intervalle ouvert, fini ou infini. Pour que l'intervalle fini $\alpha < x < \beta$ représente un tel ensemble, il faut et il suffit que ses extrémités α et β soient les zéros extrêmes d'un polynome de la forme

$$P_n(x) + c P_{n-1}(x),$$

c étant une constante réelle et arbitraire. Il y a de plus deux intervalles infinis possédant la même propriété; ce sont les intervalles $-\infty < x < \beta'$ et $\alpha' < x < \infty$ où α' et $\beta' > \alpha'$ désignent les zéros extrêmes de $P_{n-1}(x)$.

---

(1) Voir mes Notes des *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 32 et 330; **195**, 1932, p. 411.

(2) Un des ensembles des A et A′ peut être vide.

Les démonstrations de ces propositions ainsi que leurs applications à certaines extensions du théorème des accroissements finis, la formule de Taylor, etc., seront l'objet d'un article qui paraîtra dans un autre Recueil.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur une propriété du tourbillon dans le mouvement plan permanent d'un fluide visqueux incompressible.* Note [1] de M. **A. Ratib**, transmise par M. Henri Villat.

La détermination de la fonction de courant $\psi(x, y)$ du mouvement plan permanent d'un fluide visqueux incompressible se ramène, comme il est bien connu, à l'intégration de l'équation

$$\nu \Delta_4 \psi + \frac{D(\psi, \Delta_2\psi)}{D(x, y)} = 0 \tag{1}$$

[ν coefficient de viscosité cinématique;

$$\Delta_2\psi = \frac{\partial^2\psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2\psi}{\partial y^2}, \qquad \Delta_4\psi = \Delta_2(\Delta_2\psi)\Big].$$

D'autre part, le tourbillon $\zeta(x, y)$ est donné par

$$2\zeta = -\Delta_2\psi.$$

Nous dirons qu'un mouvement est « régulier » dans un domaine Δ si la fonction $\psi(x, y)$ est régulière dans Δ, c'est-à-dire continue ainsi que ses dérivées partielles des quatre premiers ordres. Toute solution $\psi(x, y)$ régulière est analytique; cette proposition est un cas particulier d'un théorème général énoncé par M. Gevrey [2]; elle peut d'ailleurs être établie directement par un procédé différent du sien.

Je me propose de vérifier d'une façon très simple que, pour tout mouvement régulier dans un domaine Δ, *le tourbillon ne peut avoir ni maximum ni minimum en un point intérieur de* Δ; il atteint donc son maximum et son minimum sur la frontière de Δ. La démonstration est analogue à celle que

(1) Séance du 28 août 1933.

(2) Gevrey, *Comptes rendus*, 58, 1914, p. 1652-1654.

M. Picard a donnée ([1]) pour l'équation linéaire analytique du second ordre.

Supposons que $\zeta(x, y)$ présente un maximum ou un minimum en un point intérieur de Δ, que l'on peut toujours supposer être l'origine $x = 0$, $y = 0$. La fonction de courant ψ et le tourbillon ζ étant analytiques sont développables au voisinage de l'origine en séries de polynomes homogènes en x et y :

$$\psi = \psi_0 + \psi_1(x, y) + \psi_2(x, y) + \ldots,$$
$$\zeta = \zeta_0 + \zeta_n(x, y) + \zeta_{n+1}(x, y) + \ldots$$

et l'on doit avoir $n \geqq 2$. Substituons ces développements dans l'équation (1) et annulons les termes de plus bas degré. Nous obtenons :

$$\Delta_2 \zeta_n = 0;$$

donc le polynome homogène ζ_n est harmonique; par conséquent, il change de signe au voisinage du point $x = 0$, $y = 0$; ce point ne peut donc être ni un maximum ni un minimum. La proposition est démontrée ([2]).

Il en résulte d'abord qu'une courbe iso-tourbillon ne peut présenter de point isolé à l'intérieur d'un domaine Δ où le mouvement est régulier.

On en déduit ensuite que dans un domaine simplement connexe, où le mouvement est régulier, s'il existe une courbe iso-tourbillon $\zeta(x, y) = C$ fermée, ζ garde la valeur constante C partout à l'intérieur de la ligne fermée, et comme il est analytique, il garde cette valeur dans tout Δ.

En particulier si le tourbillon est nul le long d'une courbe fermée γ et si le mouvement est régulier dans un domaine Δ simplement connexe, contenant γ, le tourbillon reste nul partout à l'intérieur de Δ; le mouvement est alors cinématiquement identique dans tout Δ au mouvement irrotationnel d'un fluide parfait.

([1]) Picard, *Traité d'Analyse*, 2, 3e édition, p. 29.

([2]) On peut d'ailleurs facilement étendre cette proposition à certaines équations complètement elliptiques d'ordre $2m$.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur les petites oscillations d'une masse fluide isolée dans l'espace.* Note (¹) de M. **Wenceslas Jardetzky**, transmise par M. Henri Villat.

Le problème de petites oscillations d'une masse fluide, isolée dans l'espace et dont les particules s'attirent d'après la loi de Newton, peut être traité par une méthode analogue à celle de la théorie de figures d'équilibre. Cette méthode permet de faire usage des développements en séries du potentiel (U) donnés par Liapounoff (²) et M. L. Lichtenstein (³) ainsi que de démontrer l'existence de la solution du problème.

Soit $\vec{v} = \operatorname{grad}\varphi + m \operatorname{grad}\psi$ la vitesse d'une particule du fluide, où φ, m et ψ sont des fonctions des coordonnées de la particule et du temps. En posant que la pression $p = p(a)$ et la densité $\varkappa = \varkappa(a)$ où a est un paramètre définissant les surfaces de niveau, on peut écrire l'intégrale de Clebsch (⁴), Hill (⁵) sous la forme

$$U = \frac{\partial\varphi}{\partial t} + \frac{1}{2}(\operatorname{grad}\varphi)^2 - \frac{m^2}{2}(\operatorname{grad}\psi)^2 + \operatorname{fonct}(a). \tag{1}$$

On a encore les conditions

$$\left\{\begin{aligned} &\frac{dm}{dt} = \frac{\partial m}{\partial t} + (\operatorname{grad}\varphi \operatorname{grad} m) + m(\operatorname{grad}\psi \operatorname{grad} m) = 0, \qquad \frac{d\psi}{dt} = 0,\\ &\frac{d\varkappa}{dt} + \varkappa \operatorname{div}\{\operatorname{grad}\varphi + m \operatorname{grad}\psi\} = 0. \end{aligned}\right. \tag{2}$$

L'équation (1) donne les surfaces de niveau; on a sur la surface libre $p = 0$.

Considérons un mouvement quelconque connu d'un corps fluide M_0, le potentiel correspondant étant U_0. Soit

$$U = U_0 + U_1 + U_2 + \ldots \tag{3}$$

(¹) Séance du 28 août 1933.

(²) A. Liapounoff, *Sur certaines séries de figures d'équilibre d'un liquide hétérogène en rotation*, I-II. Leningrad, 1925-1927.

(³) Voir par exemple L. Lichtenstein, *Vorlesungen über einige Klassen nichtlinearer-Integralgleichungen und Integro-Differentialgleichungen*. Berlin, 1931.

(⁴) *J. de Crelle*, **56**, 1859, p. 1; **54**, 1857, p. 293; H. Lamb, *Hydrodynamics*.

(⁵) *Philos. Trans. London*, A, **175**, 1884, p. 363.

le développement du potentiel du corps déformé M. La distribution des masses de M différant peu de celle de M_0, cette série peut être ordonnée suivant les divers ordres par rapport aux quantités définissant l'écart. Étant donné le nouveau champ de vitesses, c'est-à-dire les valeurs des fonctions φ, m et ψ, qui, en vérifiant les conditions (2), diffèrent peu de celles du mouvement connu, on cherche les nouvelles surfaces de niveau. Par exemple, on peut prendre φ, m et ψ telles que le mouvement soit une oscillation autour d'une figure d'équilibre. L'écart admissible du mouvement nouveau est déterminé par les limites de la convergence de la série (3).

Le problème se simplifie si le liquide est incompressible. L'équation fonctionnelle (1) peut être alors transformée en une équation intégro-différentielle. On doit joindre encore une condition complémentaire, définissant le paramètre a et servant à évaluer la fonction inconnue de a dans l'équation (1).

Considérons, par exemple, les oscillations d'une sphère homogène en appliquant le développement du potentiel dû à Liapounoff (*loc. cit.*, p. 18). Posons

$$(4)\qquad x = ar(1+\zeta)\sin\vartheta\cos\chi,\qquad y = ar(1+\zeta)\sin\vartheta\sin\chi,\qquad z = ar(1+\zeta)\cos\vartheta,$$

où r est le rayon de la sphère, ϑ et χ les angles sur la sphère du rayon unité, $\zeta = \zeta(a, \vartheta, \chi, t)$ la fonction inconnue du problème. Supposons, par exemple, que

$$(5)\qquad m = \psi = 0,\qquad \varphi = \eta\sin(\gamma t + \gamma_0)[2z^2 - x^2 - y^2],$$

η désignant un paramètre dont la valeur est suffisamment petite. L'équation (1) se transforme en une équation intégro-différentielle

$$(6)\qquad \zeta - \frac{3r}{4\pi a^2}\int\frac{\zeta'\,d\sigma'}{D_a} = -\frac{3\eta}{4\pi}\gamma\cos(\gamma t + \gamma_0)(3\cos^2\vartheta - 1) + w,$$

où l'intégrale est étendue à la surface de la sphère du rayon unité, D_a la distance du point potentiant (A') sur la surface libre au point potentié, ζ' la valeur de ζ en ce point (A'), $d\sigma' = \sin\vartheta'\,d\vartheta'\,d\chi'$, w l'ensemble des termes à partir du second ordre par rapport à ζ et d'autres contenant le paramètre a. On cherche la fonction ζ sous la forme d'une série $\sum_1^\infty \zeta_i\eta^i$. Le calcul des coefficients ζ_i se ramène à la résolution successive d'une suite

d'équations intégrales. La condition complémentaire est

$$\int \zeta \, d\sigma = -\int \zeta^2 \, d\sigma - \frac{1}{3}\int \zeta^3 \, d\sigma. \tag{7}$$

Elle résulte de la définition du paramètre a : le volume limité par la surface de niveau correspondant à une valeur de a est égal au volume de la sphère du rayon ar.

La résolution de l'équation (6) nous donne en première approximation la valeur superficielle de ζ :

$$\zeta_1^* = -\frac{15}{8\pi\varkappa}\gamma\cos(\gamma t + \gamma_0)(3\cos^2\vartheta - 1)\eta, \tag{8}$$

et les équations (4), la surface libre du liquide.

En supposant $\eta \rightarrow 0$ nous retrouvons pour la période des oscillations infiniment petites la formule connue de Lord Kelvin. En général, il existe une relation entre γ et η.

ASTRONOMIE. — *Sur le nombre probable d'astéroïdes que l'on peut découvrir avec les moyens actuels d'observation.* Note [1] de M. **Benjamin Jekhowsky**, transmise par M. Ernest Esclangon.

En partageant les 1223 astéroïdes, connus jusqu'à présent en groupes suivant leurs numéros d'ordre et en les rangeant dans chaque groupe suivant leurs grandeurs stellaires, réunies en classes, nous avons additionné le nombre d'astéroïdes de la même classe de chaque groupe qui suit avec le nombre d'astéroïdes des groupes qui précèdent. Cette opération a été faite en prenant d'uue part comme grandeur celles calculées pour les distances 2,75 au Soleil et 1,75 à la Terre, et d'autre part en prenant les grandeurs moyennes et désignées par m_0 dans le *Recueil de petites planètes* [2].

Des tableaux ainsi obtenus [3] qui donnent comme nombre total d'astéroïdes de chaque classe :

(1) Séance du 28 août 1933.

(2) *Kleine Planeten pour l'année* 1933, Berlin, Rechen-Institut.

(3) Le Mémoire contient des tableaux et des graphiques qui ne trouvent pas place dans le présent Recueil.

n.															
N_n...	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.
N_1 obs...	–	3	4	24	101	229	344	253	159	79	19	7	0	0	1
N_2 obs...	1	1	7	26	74	178	298	412	188	26	6	5	1	0	–

et mieux encore, d'après leur représentation graphique, on constate que le nombre d'astéroïdes de chaque classe et de chaque groupe passe par un maximum et les groupes qui contiennent ces maximums se resserrent de plus en plus à partir d'un maximum-maximorum qui correspond à la $13^m,3$-$14^m,3$ grandeur environ.

Les astéroïdes de grandeur supérieure à $12^m,0$ étant découverts presque tous, on peut chercher à relier par une formule le nombre d'astéroïdes supérieur à cette classe soit de grandeur $11^m,0$-$11^m,9$.

En partant de ce que l'on a simplement

$$N_9 = 7 \times 3,6 = 25; \qquad N_{10} = 25 \times 3,0 = 75; \qquad N_{11} = 75 \times 2,4 = 180;$$

au lieu de

$$N_9 = 26; \qquad N_{10} = 74; \qquad N_{11} = 178;$$

nous avons établi les deux formules suivantes :

$$(1) \qquad N_{n+8} = N_{n+7}[0,6(8-n) + A_{n+8}],$$

avec $A_{n+8} = A_{n+7} + 0,1n - 0,4$; $A_{n+7} = 0,3 = 0,3$; $n = 0, 1, 2, \ldots, 11, 12$; dans le premier cas, et

$$(2) \qquad N_n = \frac{N_{n-1}^2}{N_{n-2}} \frac{1}{0,06\,(n+9)}$$

avec $n = 6, 7, \ldots, 18, 19$ dans le second cas.

En appliquant la formule (1), en partant de $N_{10} = 101$ [1], puis la formule (2) en partant des $N_9 = 26$ [2] ou $N_{10} = 74$, on trouve :

---

[1] P. Stroobant, *La constitution de l'anneau des petites planètes*, nouvelle série (*Annales de l'Observatoire royal de Belgique*, 14, II, 1918, p. 148). Trouvé en 1917 : $N_{10} = 96$ avec un total de 102; $N_{11} = 212$ avec un total de 226.

[2] Ch. André (*Les planètes et leur origine*, p. 92, Paris, Gauthier-Villars, éditeur, 1909) trouve $N_9 = 27$; $N_{10} = 78$, en prenant pour une classe les planètes de grandeur 10,1-11,0 par exemple.

						n.									
N_n	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.
$N_{1calc.}$	-	2	9	34	(101)	232	394	473	378	189	57	11	2	1	0
$N_{2calc.}$	1	2	8	26	(74)	178	340	492	515	375	182	57	11	1	–
	1	2	8	(26)	76	186	360	527	561	414	204	64	13	1	–

d'où en comparant

$$N_{1calc.} - N_{1obs.} = 660$$

$$N_{2calc.} = N_{2obs.} = \begin{cases} 1039 \\ 1220 \end{cases} \quad \text{Moyenne } 973 = N_m.$$

En rangeant les astéroïdes d'une part suivant leurs distances moyennes au Soleil et d'autre part suivant leurs grandeurs moyennes, on constate que pour chaque distance donnée a, le nombre de planètes passe aussi par un maximum. Tout en vérifiant le fait, signalé par M. J. Mascart dès 1897, que les astéroïdes faibles sont relativement moins nombreux dans les zones les plus riches, on constate en plus que le rapport f'/N du nombre des planètes faibles au nombre total varie progressivement en diminuant de la valeur $f'/N = 1,0$, qui correspond à $a = 2,0$, passe par un minimum vers $a = 2, f$, puis commence à augmenter pour devenir $f'/N = 1,0$ vers $a = 4,5$.

Outre cela, ce rapport grandit avec l'augmentation du nombre d'astéroïdes et tend à devenir égal à 1,0 pour chaque valeur donnée de la distance a.

On a, par exemple, en comparant les zones discutées par Ch. André :

	Ch. André. $N_{1\,obs.} = 500$. $\frac{f_1}{N_1}$.	B. Jekhowsky. $N_{2\,obs.} = 1223$. $\frac{f_2}{N_2}$.	$N_{2\,obs.} : N_{1\,obs.} = 2,45$. $\frac{f_2}{N_2} : \frac{f_1}{N_1}$.
	0,263	0,635	2,41
	0,181	0,427	2,36
	0,211	0,556	2,64
Moyenne :	0,214	0,539	2,47

Évaluons donc le nombre N de façon que f/N soit égal à 1,0. On trouve

$$N = 2270$$

et

$$N - N_{2\,obs.} = 1047.$$

En comparant ce nombre à celui qui vient d'être trouvé précédemment on pourrait écaluer à 2300 environ le nombre d'astéroïdes que l'on peut découvrir avec les moyens actuels d'observation.

SPECTROSCOPIE. — *L'effet Raman de l'acide sulfurique.* Note [1] de M. **L. Médard**, transmise par M. Ch. Fabry.

I. *Préparation de l'acide pur et anhydre.* — A la suite de Ganesan et Venkateswaran [2], la plupart des physiciens qui ont étudié l'effet Raman de l'acide sulfurique ont signalé que l'acide le plus pur du commerce est fluorescent à un degré variable, sous la lumière de l'arc à mercure. L'acide était purifié par une distillation dans un vide élevé. Nous avons constaté qu'on supprime la fluorescence en le chauffant longuement, vers 150° avec une très petite quantité de MnO^4K, ce qui vient à l'appui de l'hypothèse qui attribue l'effet gênant à des impuretés organiques dont l'oxydation entraîne la disparition de la fluorescence. Ceci permet de préparer l'acide à 100 pour 100 rigoureusement pur; on surdose l'acide à 66° B^é avec de l'oléum pour faire deux acides titrant l'un un peu moins de 100 pour 100, l'autre un peu plus; on les purifie par MnO^4K; on titre exactement, et par mélange convenable on obtient l'acide à 100 pour 100.

II. *Spectre Raman de* SO^4H^2. — L'acide pur et anhydre (SO^4H^2 réel) a donné le spectre suivant :

---

(1) Séance du 16 août 1933.

(2) *Indian J. of Physics*, 4, 1929, p. 195.

λ en U. A. dans l'air.	Nombre d'ondes par centimètre. Raie excitée.	Raie excitatrice.	Fréquences propres cm^{-1}.	Intensité conventionnelle.	Notation.	Observations.
4115,5......	24298	24712	414	(3)	n_1 n_2	L'intensité est trop faible pour permettre de résoudre la raie
4141,3......	24147	»	564	(4)	n_3	
4173........	23963	24520	557	(1)	n_3	
4202,7......	23794	24712	917	(5)	n_4	Raie étroite, bien définie
4212,5......	23739	»	972	(1)	n_5	»
4240,7......	23581	»	1131	(3)	n_8	Raie très large et diffuse
4285,5......	23335	»	1377	(2)	n_9	Raie diffuse
4433,8......	22554	22944,5	391	(4)	n_1	Sorte de doublet
4442,1......	22512	»	433	(5)	n_2	
4468,3......	22380	»	564	(8)	n_3	
4539,7......	22028	»	917	(10)	n_4	Raie étroite, bien définie
4551,7......	21970	»	974	(1)	n_5	»
4588,6......	21803,5	»	1141	(8)	n_8	Raie large et diffuse
4635,7......	21575	»	1370	(3)	n_9	Raie diffuse

Il se différencie du spectre de l'acide à 96 pour 100 de SO^4H^2, étudié par Ganesan et Venkateswaran (*loc. cit.*) et d'autres auteurs (¹), par les caractères suivants :

a. La fréquence 1050 cm^{-1} est *complètement* absente.

b. La fréquence 415 se dédouble nettement en deux composantes $n_1 = 391$ et $n_2 = 437$, cette dernière étant la plus intense.

c. Une fréquence nouvelle, 975 cm^{-1}, apparaît avec une intensité assez faible.

Les autres fréquences sont déjà connues dans les acides sulfuriques. Des spectres d'acides à 98,5 et à 96 pour 100 de SO^4H^2 montrent que l'addition d'eau a pour effet :

a. D'affaiblir l'intensité de n_1 qui s'élargit et se rapproche de n_2; avec

(¹) Nisi, *Jap. Journ. of Physics*, 5, 1929, p. 119; Taylor, *Trans. Faraday Soc.*, 1929, p. 830; Bell et Fredrickson, *Phys. Rev.*, 37, 1931, p. 1562; Woodward, *Physik. Z.*, 32, 1931, p. 777; Fadda, *Nuovo Cimento*, 9, 1932, p. 1.

l'acide à 96 pour 100 n_1 et n_2 excités par 4.358, 3 du Hg donnent une raie large où l'on discerne encore deux maxima; aux concentrations inférieures à 95 pour 100 on n'a plus qu'une raie non résoluble dans notre spectrographe (dispersion 20 Å par millimètre, vers 4440 Å);

b. D'affaiblir très rapidement $n_5 = 975$ qui n'apparaît plus aux concentrations inférieures à 95 pour 100. Cette fréquence n_5 n'a rien de commun avec une fréquence $n_6 = 990$ qui apparaît dans les acides au-dessous de 50 pour 100 de SO^4H^2;

c. De faire apparaître faiblement $n_7 = 1050$ dans l'acide à 98,5 p. 100.

III. L'étude des variations d'intensités des raies des spectres d'acides sulfuriques à toutes concentrations conduit à attribuer aux fréquences propres observées les origines suivantes :

1° $n_6 = 990$ est dû à l'ion $(SO^4)^{--}$ *libre*;

2° $n_7 = 1050$ est dû à l'ion $(SO^4H)^-$ *libre*;

3° $n_2 = 430$ et n_4 (qui varie de 565 à 600 quand la concentration passe de 100 à 20 pour 100) proviendraient des ions SO^4 *liés*, c'est-à-dire d'une molécule hétéropolaire $[SO^4][H^2]$; on trouve en effet dans les solutions de sulfates métalliques des fréquences voisines de 445 et 610.

4° Les fréquences $n_1(395)$, $n_5(975)$, $n_8(1150$ à $1180)$ et $n_9(1370)$ qu'on ne voit que dans les spectres d'acides très concentrés seraient celles de la molécule homopolaire $O^2S(OH)^2$. Il en est peut-être de même de la fréquence $n_4 = 920$ dont l'intensité diminue rapidement par dilution, mais qui est encore perceptible dans un acide à 30 pour 100 de SO^4H^2.

CHIMIE MINÉRALE. — *Réaction du chromate de potassium sur le chlorure de manganèse en solutions saturées*. Note de M. **H. Wunschendorff** et Mme **P. Valier**, présentée par M. A. Desgrez.

On traite une solution saturée à chaud de chlorure de manganèse par une solution également saturée à chaud de chromate de potassium. On verse la solution de chromate dans celle de chlorure tant qu'il y a précipitation.

Les premières gouttes de chromate, arrivant au contact du sel manganeux, déterminent une coloration rouge, en même temps qu'un précipité ténu, également rouge. L'addition ultérieure du chromate augmente ce précipité qui passe rapidement au noir, mais présente encore des particules rouge sombre.

Le précipité, rassemblé sur un filtre, est lavé à l'eau froide, tant que les liqueurs de lavage passent colorées en jaune.

On épuise alors le précipité par de l'eau bouillante. Les filtrats sont d'une couleur rouge orangé intense.

Ces liqueurs d'épuisement sont réunies et évaporées, tout d'abord au bain-marie bouillant. La coloration orangée s'accentue; il se sépare, en même temps, un précipité floconneux, noirâtre, assez peu abondant. On décante et l'on termine l'évaporation dans le vide, sur du chlorure de calcium. Lorsque la liqueur a atteint la consistance sirupeuse, il se produit une cristallisation abondante de petits cristaux prismatiques rubis qui sont essorés, dissous dans l'eau bouillante et soumis à une recristallisation.

L'analyse de cette substance donne les résultats suivants :

	Substance.	$BaCrO^4$.	Cr.	Cr %.	Mn^3O^4.	Mn.	Mn %.
1	0,6481 g	1,6905 g	0,2487 g	38,37	0,1825 g	0,1314 g	20,27
2	0,5250	1,3695	0,2015	38,38	0,1477	0,1063	20,24
3	0,7012	1,8285	0,2690	38,36	0,1973	0,1421	20,26

Calculé pour $MnCr^2O^7$: Cr % = 38,39; O % = 41,34; Mn % = 20,26.

Le sel répond donc à la formule $MnCr^2O^7$.

Le précipité noir, resté sur le filtre, a été lavé à l'eau bouillante tant que les liqueurs de filtration ont été colorées en jaune. On l'a desséché à l'étuve à 100°. C'est une poudre noire, amorphe, insoluble dans l'eau, donnant, sous l'action de l'acide chlorhydrique, un abondant dégagement de chlore.

L'analyse de ce produit nous a fourni les résultats suivants :

	Substance.	Cr^2O^3.	Cr.	Cr %.	Mn^3O^4.	Mn.	Mn %.
1	0,5425 g	0,1995 g	0,1365 g	25,16	0,3010 g	0,2167 g	39,94
2	0,7018	0,2580	0,1765	25,14	0,3891	0,2802	39,92
3	0,5573	0,2050	0,1402	25,15	0,3093	0,2228	38,98

Calculé pour $Cr^2(MnO^3)^3$: Cr % = 25,19; O % = 34,89; Mn % = 39,91.

Le produit insoluble correspond donc à un manganite de chrome $Cr^2(MnO^3)^3$.

La réaction peut se représenter par l'équation

$$4K^2CrO^4 + 4MnCl^2 = MnCr^2O^7 + Cr^2(MnO^3)^3 + 8KCl.$$

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Sensibilité du lapin et de l'homme au virus de la stomatite des Ovins.* Note de MM. **Georges Blanc** et **L.-A. Martin**, présentée par M. Roux.

A mesure que se multiplient les recherches sur la stomatite des ovins, le nombre des espèces animales reconnues réceptives à ce virus augmente.

H. Zeller (¹) n'a pu infecter le cheval, le porc, le lapin et le chien; il a obtenu des résultats douteux sur le veau. M. Aynaud (²) échoue dans ses tentatives de transmettre la maladie aux animaux sur lesquels il expérimente (lapin, cobaye, rat blanc, souris blanche, porcelet, chat, chien, âne, etc.), sauf sur le veau qu'il reconnaît nettement réceptif. L'un de nous, avec C. Melanidi et J. Caminopetros (³), ajoute le chien et le singe (*Macacus rhesus*) à la liste des espèces sensibles. Ils échouent encore avec d'autres espèces déjà éprouvées, en particulier le lapin, et ne réussissent pas à infecter l'homme.

Nous avons repris ces recherches avec un virus isolé du mouton, dans la région de El Borouj (Maroc) et nous avons réussi à infecter le chien, le singe (*Macacus sylvanus*), le lapin et l'homme.

Notre virus d'origine était constitué par des croûtes provenant d'un troupeau infecté. Ces croûtes, broyées dans un mélange de glycérine au tiers dans l'eau salée physiologique nous servent à infecter un mouton neuf qui réagit parfaitement. Avec les pustules grattées et desséchées dans le vide, nous inoculons un lapin sur la peau du dos rasée et scarifiée. L'évolution de la maladie est la suivante : au troisième jour les traits de scarification apparaissent en rouge, entre ces raies, on observe des macules également rouges; puis la réaction augmente et les éléments éruptifs se différencient de façon particulièrement nette dans la région marginale de la surface inoculée alors qu'au centre ils deviennent confluents. Au sixième jour, cette surface est couverte d'un placard papulo-croûteux, les éléments éruptifs marginaux, bien isolés, deviennent vésiculeux, les pustules ont une base indurée rouge vif, elles se dessèchent en surface et deviennent croûteuses. Onze jours après l'inoculation le dos du lapin est recouvert

---

(¹) *Arbeit. aus dem Reichsges.*, **52**, 1920, p. 501.

(²) *Comptes rendus*, **173**, 1923, p. 950, et *Annales Inst. Pasteur*, **37**, 1923, p. 498.

(³) *Annales Inst. Past.*, **36**, 1922, p. 614, et *Arch. Inst. Past. hellénique*, **2**, n° **8**, 1924, p. 230.

d'un placard croûteux. Quelques croûtes sont enlevées, broyées en eau physiologique. Nous étalons par frottement cette suspension sur la face rasée et scarifiée d'un mouton. La réaction qui suit est typique et intense. Un nouveau passage à un autre mouton redonne l'infection. Le passage de lapin à lapin est également positif.

Avec ce virus de stomatite qui s'est montré très actif, nous avons refait quelques inoculations à l'homme. Trois sujets ont été inoculés par scarification légère de la région deltoïdienne et badigeonnage au tampon d'une émulsion de croûtes desséchées en eau physiologique. La réaction qui a suivi a été nette, quoique peu intense. Les traits de scarification deviennent un peu œdémateux et quelques papules apparaissent au quatrième jour; elles donnent de petites vésicules qui persistent quelques jours.

La recherche et la démonstration de la réceptivité d'une nouvelle espèce animale et de l'homme au virus de la stomatite ne sont pas que curiosité documentaire. Elles nous apportent un fait qui, en addition de ceux déjà mis en évidence sur la virulence du virus de la stomatite des ovins, nous permet de le considérer comme apparenté à celui de la vaccine, quoique bien différent. Avec cette dernière, il forme un groupe naturel de varioles qui ont comme caractères communs d'être à l'origine des stomatites de caractère pustuleux et transmissible à l'homme et à des espèces animales de groupes zoologiques très différents, en opposition au groupe des varioles vraies très strictement spécifiques, généralisées, et fréquemment à formation nodulaires intradermiques, groupe qui rapproche la variole humaine, la variole des chèvres, la clavelée et la variole des porcelets.

La séance est levée à 15h15m.

A. Lx.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE

Ouvrages reçus pendant les séances d'aout 1933.

Dix ans sous terre. Campagnes d'un explorateur solitaire, par Norbert Casteret. Paris, librairie académique Perrin; 1 vol. 19cm.

Étude géologique sur le centre de l'Indochine entre Tourane et le Mékong (*Annam central et Bas-Laos*), par Josué Heilmann Hoffet. In *Bulletin du Service géologique de l'Indochine*, vol. XX, fasc. 2. Hanoï. 1933; 1 vol. 28cm,5.

Le Rocce, par Piero Aloisi. Spedizione Italiana de Filippi Nell' Himàlaia, Caracorùm e Turchestan Cinese (1913-1914). Série II. Sotto la Direzione di Giotto Dainelli, Vol. VII. Bologne, Nicola Zanichelli, 1933; 1 vol. 31cm.5.

A Origem dos Ciclones. Demonstração Fisica experimental Deste Fenomeno e Forma pratica de calcular as Datas do sui inicio. Lei do Periodicidade e Experiencia comprovativa do Movimento da Terra em Volta do Sol, par Antonio M. C. Carvalho Serra. Setubal, A. Cantido Guerreiro. 1933; 1 fasc. 18cm.

Diagrammes des eaux souterraines dans le centre du Delta pendant plusieurs années, par Ch. Audebeau Bey. Extrait du *Bulletin de l'Institut d'Égypte*, t. XV. Le Caire, Imprimerie de l'Institut français d'Archéologie orientale, 1933; 1 vol. 25cm,5.

De la valeur du barrage sexuel, comme criterium dans l'analyse d'une sporée tétrapolaire de basidiomycète : Pleurotus ostreatus, par René Vandendries. Extrait de *Genetica*, xv, 1933. La Haye, Martinus Nyhoff; 1 fasc. 24cm, 5.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 11 SEPTEMBRE 1933.

PRÉSIDENCE DE M. LOUIS BOUVIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **F. A. Vening-Meinesz**, Correspondant de l'Académie pour la Section de Géographie et Navigation, professeur de Géodésie à l'Université d'Utrecht; M. **J. A. Fleming**, président de l'Association internationale de Magnétisme et Électricité terrestre; M. **Harradon**, directeur du *Department of Terrestrial Magnetism, Carnegie Institution*, et à M. **W. Schermerhorn**, professeur de Géodésie à l'École Polytechnique supérieure de Delft, qui assistent à la séance.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur certaines régularités qui apparaissent dans la succession des phénomènes solaires.* Note de M. **H. Deslandres**.

Depuis l'invention des lunettes qui nous a fait connaître les taches et facules de la surface solaire, l'apparition, l'évolution ou la disparition d'une tache ou facule isolée ont paru très irrégulières, et la cause première du phénomène nous échappe encore. Ne vous attardez pas à l'étude des taches, disait Lalande à ses élèves : c'est un phénomène qui n'a pas de loi.

Cependant, la découverte de la grande oscillation undécennale des taches a apporté une première lueur. L'oscillation s'applique seulement aux taches considérées dans leur ensemble, mais elle s'étend à toutes les dépendances du Soleil, à son atmosphère et à ses émissions corpusculaires qui produisent nos aurores polaires et les variations de la boussole.

Puis sont venus les progrès merveilleux de la physique moderne. Aux températures élevées de nos laboratoires, tous les corps émettent un rayon-

nement de corpuscules électrisés qui s'ajoute au rayonnement ondulatoire ou du type lumineux, et ce rayonnement corpusculaire croît plus vite que l'autre. Aux températures beaucoup plus hautes de la surface et des couches profondes du Soleil, ce rayonnement nouveau est le plus fort, mais il est beaucoup plus absorbé, et, en fait, une petite partie seulement arrive jusqu'à la Terre. J'ai toujours pensé que la partie absorbée était la cause des phénomènes mystérieux observés dans le Soleil et ses dépendances.

J'ai été ainsi conduit à étudier avec soin les variations de la boussole et en particulier les grands orages magnétiques, qui sont le phénomène le plus accessible de tous ceux énumérés ci-dessus. Les résultats ont été présentés en 1926 et en 1927 dans plusieurs Notes des *Comptes rendus* (¹) et dans le résumé de Physique solaire de l'*Annuaire du Bureau des Longitudes* (voir le dernier résumé publié en novembre 1932, p. 290).

Les grands orages sont examinés surtout dans le voisinage d'un maximum de taches : car ils sont alors relativement nombreux, et, dans leur étude, on prend comme horloge le Soleil qui tourne. On constate que leurs intervalles, exprimés en longitudes solaires, sont des multiples de 60°, ou parfois de 30° et même de 15°, la longitude de l'orage étant celle du centre du Soleil, au moment où sa pointe principale apparaît ; il en résulte une distribution correspondante des points d'émission corpusculaire dans le Soleil. Bref, tout se passe comme si le Soleil offrait dans une couche profonde 6 ou 12 ou même 24 volcans, uniformément répartis, intermittents comme les volcans terrestres, et qui rejettent au dehors des corps radioactifs. Ces derniers corps, en s'élevant, forment les taches et facules qui émettent aussi des corpuscules électrisés et qui, déviées par le champ magnétique solaire, sont mobiles par rapport à la couche profonde.

D'après cette théorie radioactive, les taches et facules, émanées des volcans solaires, doivent avoir aussi leurs intervalles en longitude, représentés par des multiples de 60° et de 30°. La Note actuelle expose comment cette conséquence a été vérifiée. J'ai utilisé pour cette recherche les belles cartes synoptiques de l'atmosphère solaire, établies à Meudon par d'Azambuja avec les épreuves du spectrohéliographe. Les plages faculaires, qui sont des facules un peu élargies, y sont représentées par leur contour moyen et avec leur éclat, aussi bien au centre qu'au bord ; les taches sont aussi indiquées, mais sommairement. Je me suis limité aux facules, la tache

(¹) *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 1301 ; 183, 1926, p. 165, 494 et 1313 ; 185, 1927, p. 10 et 626.

pouvant être considérée comme une addition à certaines facules. La longitude adoptée pour elles est celle de leur milieu dans le sens Est-Ouest.

J'ai pensé d'abord les examiner dans le voisinage d'un maximum, ainsi que pour les orages magnétiques; mais les facules y sont beaucoup plus nombreuses que les orages et très rapprochées; le résultat de l'enquête doit être incertain, au moins si l'on considère toutes les facules. J'ai étudié en premier lieu les années de minimum 1922, 1923 et 1924, qui offrent des facules petites, peu nombreuses, espacées et d'un faible éclat. Or, le plus souvent, pour chaque rotation, la carte montre à première vue deux ou trois facules rapprochées, dont les intervalles sont, à de faibles différences près, des multiples de 30°, et chaque facule peut être rattachée par cette propriété simple à une autre facule de la même rotation ou des rotations voisines. Le tableau ci-après présente le résultat pour cinq rotations de 1922 et une rotation de 1924. La longitude de la facule est donnée par la somme de deux nombres qui sont le multiple de 30° immédiatement inférieur et un résidu, ce qui facilite les rapprochements.

Les autres rotations déjà publiées de 1919 à 1921, et de 1925 à 1927 ont montré la même propriété dans les régions momentanément calmes, et aussi dans les régions très riches en facules, lorsque l'on considère seulement les facules très brillantes.

La dernière colonne du tableau donne les différences de longitude pour les groupes de facules qui ont à peu près le même résidu. Or, pour les facules des cinq premières rotations, dont la latitude est plus petite que 15°, ces différences sont un peu inférieures aux multiples de 30°; elles sont au contraire un peu supérieures pour la rotation 941, dont les facules ont une latitude plus grande que 15°. Cela tient à ce que la vitesse angulaire de rotation des facules décroît avec les latitudes croissantes, alors que les longitudes des facules ont été calculées, comme à l'ordinaire, en partant de la vitesse moyenne de rotation synodique des taches, qui est la vitesse sur le parallèle de 15°. Comme, d'autre part, la position des facules est mesurée lorsqu'elle est près du centre solaire, les facules à rapprocher ont été relevées l'une après l'autre; d'où les petits écarts avec les multiples de 30°. Pour la même raison, les petits intervalles entre les facules sont les plus intéressants, car ils souffrent moins des différences dans les vitesses de rotation. La même remarque a déjà été faite pour les orages.

Les facules, comme les orages magnétiques, peuvent être rangées en groupes caractérisés par le même résidu, les différences entre les groupes étant aussi attribuables à des différences dans la vitesse des particules émises;

TABLEAU DES FACULES

des rotations solaires nos **921** *à* **925** *du* 25 *juillet au* 8 *décembre* 1922 (*toutes les facules, sauf une, ont une faible latitude*) *et de la rotation n°* **941** *du* 24 *janvier au* 17 *février* 1924 (*toutes les facules ont une latitude voisine de* 30° *et appartiennent au nouveau cycle*).

Numéro de la rotation.	Nombre des facules.	Latitude φ de la facule.	Longitude L de la facule.	Différence des longitudes.
921	5	921 ⎰ φ = − 6°	L = 330° + 27°,5	329°
		» ⎱ φ = − 5	L = 0 + 28,5	
		» ⎧ φ = + 8	L = 300 + 18	123
		» ⎨ φ = − 11	L = 180 + 15	29
		» ⎩ φ = + 15	L = 150 + 16	
922	6	922 ⎰ φ = + 4	L = 270 + 26,5	208
		» ⎱ φ = − 12	L = 30 + 28,5	
		» ⎰ φ = + 12	L = 210 + 21	60
		» ⎱ φ = + 12	L = 150 + 21	
		» ⎧ φ = + 6	L = 60 + 3	118
923	5	923 ⎨ φ = + 4	L = 300 + 5	238,5
		» ⎩ φ = + 6	L = 60 + 6,5	
		922 ⎧ φ = − 12,5	L = 330 + 10	360
		923 ⎪ φ = − 12,5	L = 330 + 10	144
		» ⎨ φ = − 9	L = 180 + 16	211
924	5	924 ⎪ φ = − 13	L = 330 + 15	0
		» ⎩ φ = + 12	L = 330 + 15	
		923 ⎧ φ = + 12	L = 330 + 23,5	355,5
		924 ⎨ φ = − 12	L = 330 + 29	296
		» ⎩ φ = − 13	L = 60 + 33	
		» ⎰ φ = − 5	L = 330 + 24	355
925	6	925 ⎱ φ = − 6	L = 330 + 29	
		» ⎧ φ = + 4	L = 240 + 17	92
		» ⎨ φ = + 12	L = 150 + 15	117,5
		» ⎩ φ = − 3	L = 30 + 17,5	
		» ⎰ φ = − 41	L = 270 + 6	91,5
		» ⎱ φ = + 13	L = 180 + 4,5	
941	8	941 ⎧ φ = − 26	L = 300 + 27	243
		» ⎨ φ = + 20	L = 60 + 24	61,5
		» ⎩ φ = + 27	L = 0 + 22,5	
		» ⎰ φ = − 24	L = 240 + 6	183,5
		» ⎱ φ = − 21	L = 60 + 2,5	
		» ⎧ φ = + 27	L = 240 + 19	61,5
		» ⎨ φ = + 31	L = 180 + 17,5	154
		» ⎩ φ = + 25	L = 30 + 13,5	
		940 ⎰ φ = − 24	L = 300 + 33,5	366,5
		941 ⎱ φ = − 26	L = 300 + 27	

d'autres causes sont aussi à invoquer. L'étude de ce point spécial est plus facile avec les facules qui sont beaucoup plus nombreuses. Les trois années de 1922 à 1924 offrent 300 facules, alors que les orages magnétiques, étudiés dans les quatre années de 1917 à 1920, sont au nombre de 30 seulement [1]. Avec les facules la distribution des éléments apparaît aussi plus simple, ce qui est en accord avec la théorie; il n'a pas été nécessaire d'envisager l'intervalle élémentaire de 15°. Pour expliquer les orages, j'ai admis simplement une seule couche profonde, divisée en secteurs égaux, toujours les mêmes, et qui tourne avec la vitesse moyenne des taches. Mais les couches émettrices peuvent être plus nombreuses, tourner avec une vitesse différente, et avoir des divisions qui varient, par exemple lorsque le Soleil a une grande perturbation. Une longue étude sera nécessaire pour éclaircir tous ces points.

Un fait important se dégage déjà de ces premières recherches : les couches solaires ont tendance à se diviser en secteurs égaux qui, pendant un temps plus ou moins long, sont parfois de 120° et de 90°, et, le plus souvent, de 60° et de 30°. Cette division régulière, comme on l'a exposé déjà, est celle que subit naturellement une couche sphérique homogène, qui se refroidit et se contracte, ou qui est soumise à une pression interne croissante, due par exemple à des émissions radioactives.

CORRESPONDANCE.

M. Alexandre Dauvillier, rentrant de l'Expédition française de l'Année polaire au Groenland, adresse des remercîments pour la distinction accordée à ses travaux en 1932.

---

(1) A signaler une erreur dans les Notes de 1926 et 1927. Toutes les longitudes d'orages, de mai 1919 à mai 1922, doivent être augmentées de 6°,6. Les rectifications étant faites, les résultats, qui sont appuyés sur des différences de longitudes, sont plus nets, et en accord meilleur.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur une extension de la notion de transformation conforme aux espaces d'ordre supérieur à deux.* Note de M. A. **Demoulin**.

1. Soient, dans un espace linéaire à n dimensions, $n \geqq 2$, $Ox_1, \ldots, Ox_n$ n axes deux à deux rectangulaires. A tout point $m(x_1, \ldots, x_n)$ faisons correspondre un point $M(X_1, \ldots, X_n)$, $X_1, \ldots, X_n$ étant des fonctions arbitraires de $x_1, \ldots, x_n$.

A toute courbe γ passant par m correspond, dans cette transformation, une courbe Γ passant par M. Si $dx_1, \ldots, dx_n$ sont les paramètres directeurs de la tangente à γ en m, les paramètres directeurs $dX_1, \ldots, dX_n$ de la tangente D à Γ en M sont donnés par les égalités $dX_i = \sum_k a_{ik} dx_k$, étant posé $\partial X_i / \partial x_k = a_{ik}$.

2. Si deux droites correspondantes d, D sont parallèles, on a $dX_i = \lambda\, dx_i$ $(i = 1, 2, \ldots, n)$. λ est solution de l'équation $\lambda^n - \Sigma a_{ii} . \lambda^{n-1} + \ldots = 0$. Aux racines $\lambda_1, \ldots, \lambda_n$ (supposées distinctes) de cette équation sont attachées n droites d, que nous appellerons $d_1, \ldots, d_n$, parallèles aux droites D qui leur correspondent.

Soient $\gamma_i (i = 1, 2, \ldots, n)$ une courbe tangente à d_i en m et Γ_i la courbe qui lui correspond. Marquons sur γ_i un point m'_i, voisin de m. Soit M'_i le point de Γ_i qui lui correspond. Si m'_i tend vers m, $MM'_i : mm'_i$ tend vers λ_i. On a, par suite,

$$\sum \lim \frac{MM'_i}{mm'_i} = \Sigma a_{ii}. \tag{1}$$

3. Exprimons qu'une droite d est perpendiculaire à la droite D qui lui correspond. Les paramètres directeurs $y_1, \ldots, y_n$ de d satisfont à l'équation $\sum_i \sum_k a_{ik} y_i y_k = 0$. Cette équation représente, si $n = 2$, deux droites m_1, m_2 passant par l'origine O des coordonnées et, si n est > 2, un cône K de sommet O.

4. Les droites m_1, m_2 seront orthogonales si $a_{11} + a_{22} = 0$. Pour que le cône K contienne n génératrices deux à deux orthogonales, il faut et il suffit

que $\Sigma a_{ii} = 0$. Le cône contient alors une infinité $1/2(n^2 - 3n + 2)$-uple de systèmes de n génératrices deux à deux orthogonales.

Appelons transformation Θ toute transformation telle que $\Sigma a_{ii} = 0$. En vertu de l'égalité (1), pour qu'une transformation soit Θ, il faut et il suffit qu'on ait

$$\sum \lim \frac{MM'_i}{mm'_i} = 0. \tag{2}$$

5. Nous dirons qu'une transformation est C lorsque les droites $d_1, \ldots, d_n$ sont deux à deux orthogonales. La transformation C la plus générale est définie par les égalités

$$X_i = \varphi'_{x_i} \qquad (i = 1, 2, \ldots, n), \tag{3}$$

$\varphi(x_1, \ldots, x_n)$ désignant une fonction arbitraire. Ce théorème, pour $n = 3$, a été démontré par G. Darboux (*Leçons sur les systèmes orthogonaux*).

Dans le cas présent, l'égalité (1) devient

$$\sum \lim \frac{MM'_i}{mm'_i} = \Sigma \varphi''_{x_i^2} \text{ ou } \Delta_2 \varphi. \tag{4}$$

6. m et M se correspondant dans une transformation C, attachons-leur deux points $M'(X'_1, \ldots, X'_n)$, $\overline{M}(\overline{X}_1, \ldots, \overline{X}_n)$ définis comme il suit. M' correspond à M dans l'inversion de pôle O et de puissance un. Les segments $m\overline{M}$, OM' sont équipollents. On a

$$X'_i = \frac{\varphi'_{x_i}}{\Delta\varphi}, \qquad \overline{X}_i = x_i + \frac{\varphi'_{x_i}}{\Delta\varphi}, \qquad (i = 1, 2, \ldots, n),$$

étant posé

$$\Delta\varphi = \Sigma \varphi'^2_{x_i}.$$

Le segment $m\overline{M}$ est visiblement égal à $1/\sqrt{\Delta\varphi}$; il est normal en m à la variété d'équation $\varphi = \text{const.}$ qui passe par ce point.

7. Appelons transformation T_2 toute transformation C qui est Θ. Cette transformation est définie par les équations (3) et l'on a, en vertu des égalités (2) et (4), $\Delta_2 \varphi = 0$.

8. Si m et M se correspondent dans une transformation T_2, nous dirons que les points M', $\overline{M}$ correspondent respectivement au point m dans des transformations T_1, $\overline{T}_1$.

9. Si $n = 2$, les transformations T_1, $\overline{T}_1$, T_2 sont définies par les égalités

suivantes, où φ désigne une solution de l'équation $\Delta_2\varphi = 0$,

$$(T_1)\ \begin{cases} X'_1 = \dfrac{\varphi'_{x_1}}{\Delta\varphi}, \\ X'_2 = \dfrac{\varphi'_{x_2}}{\Delta\varphi}. \end{cases} \qquad (\overline{T}_1)\ \begin{cases} \overline{X}_1 = x_1 + \dfrac{\varphi'_{x_1}}{\Delta\varphi}, \\ \overline{X}_2 = x_2 + \dfrac{\varphi'_{x_2}}{\Delta\varphi}. \end{cases} \qquad (T_2)\ \begin{cases} X_1 = \varphi'_{x_1}, \\ X_2 = \varphi'_{x_2}. \end{cases}$$

Appelons ψ la fonction telle que $\varphi + i\psi$ soit une fonction analytique de la variable complexe $z = x_1 + ix_2$. Posons $f(z) = \varphi + i\psi$. Les formules (T_1), $(\overline{T}_1)$, (T_2) donnent

$$X'_1 + iX'_2 = \frac{\varphi'_{x_1} + i\varphi'_{x_2}}{\Delta\varphi}, \qquad \overline{X}_1 + i\overline{X}_2 = x_1 + ix_2 + \frac{\varphi'_{x_1} + i\varphi'_{x_2}}{\Delta\varphi},$$
$$X_1 - iX_2 = \varphi'_{x_1} - i\varphi'_{x_2}.$$

A cause de la relation $\varphi'_{x_2} = -\psi'_{x_1}$, les égalités précédentes peuvent s'écrire

$$X'_1 + iX'_2 = \frac{1}{f'(z)}, \qquad \overline{X}_1 + i\overline{X}_2 = z + \frac{1}{f'(z)}, \qquad X_1 - iX_2 = f'(z).$$

Par suite, si $n = 2$, chacune des transformations T_1, $\overline{T}_1$ est la transformation conforme de première espèce la plus générale et la transformation T_2, la transformation conforme de seconde espèce la plus générale.

Dès lors, si n est > 2, les transformations T_1, $\overline{T}_1$, T_2 doivent être considérées comme une extension des transformations conformes aux espaces d'ordre supérieur à deux.

10. En raison de sa définition, la transformation $\overline{T}_1$ peut être étendue à l'espace à n dimensions, $n \geqq 2$, pour lequel le carré de l'élément linéaire est la forme quadratique de différentielles la plus générale.

CATALYSE. — *Sur l'état physique des catalyseurs solides.* Note (¹) de MM. **Étienne Audibert** et **André Raineau**, présentée par M. G. Charpy.

Il est connu depuis les découvertes de Sabatier que l'activité d'un catalyseur solide dépend étroitement de son état physique. Les mesures auxquelles nous avons procédé permettent, *au moins pour ce qui concerne les corps purs*, de préciser la relation qui existe entre la première et le second. Elles ont en effet donné les résultats suivants :

(¹) Séance du 28 août 1933.

1° Un corps pur, à l'état solide, qui manifeste une activité catalytique, accuse une densité inférieure à celle qui correspond à sa composition chimique et aux caractéristiques de son réseau cristallin. L'écart est considérable; il atteint souvent le dixième et est parfois supérieur; sa mise en évidence peut présenter quelques difficultés, dues au fait que des précautions minutieuses doivent être prises pour assurer la parfaite imbibition du solide par le liquide du flacon à l'aide duquel on détermine la densité. Nous avons tenu compte de cette particularité dans les mesures auxquelles nous avons procédé et qui ont porté, les unes, sur des métaux, comme le cuivre ou le nickel, les autres, sur des oxydes, comme l'alumine, l'oxyde de zinc ou le sesquioxyde ce chrome. Il ressort de leurs résultats que la densité est toujours moindre pour les échantillons doués d'activité catalytique que pour ceux qui en sont dépourvus. Pour du cuivre actif, par exemple, nous avons trouvé des valeurs s'abaissant jusqu'à $7,60 \pm 0,05$ et $7,54 \pm 0,05$, alors que les résultats relatifs aux échantillons inactifs n'ont jamais été inférieurs que de peu à la valeur de la densité calculée d'après la maille cristalline, c'est-à-dire à 8,9.

2° En formant dans les mêmes conditions le spectre de diffraction des rayons X par les formes active et inactive de différents corps susceptibles d'activité catalytique, nous avons constaté que le spectre des formes actives est formé des mêmes raies que celui des formes inactives, mais que ces raies, au lieu d'être fines et brillantes, sont floues, estompées et très difficilement visibles.

3° Un catalyseur constitué par un corps pur perd progressivement son activité lorsqu'on le chauffe à une température suffisamment élevée. C'est là un fait que nous avons observé dans tous les cas que nous avons étudiés. Or l'action du chauffage se manifeste simultanément par une augmentation progressive de la densité, qui reprend finalement sa valeur normale, et par une modification progressive de l'aspect du spectre de diffraction des rayons X, dont les raies vont peu à peu en se précisant.

C'est ainsi par exemple qu'après des chauffages de six heures, respectivement à 500 et à 700°, les deux échantillons de cuivre, dont il a été indiqué plus haut que leurs densités étaient de 7,54 et 7,60, ont accusé des densités de $8,65 \pm 0,05$ pour le premier et $8,85 \pm 0,05$ pour le second, et nous ont fourni des spectres de diffraction des rayons X normalement formés.

Des observations du genre de celles que nous venons de rapporter ne sont pas entièrement nouvelles; il est en particulier connu que des méthodes de préparation judicieusement choisies fournissent de nombreux corps

solides sous des densités inférieures aux densités normales, et qu'un chauffage de durée suffisante à température suffisamment élevée corrige ces anomalies; il est connu également que les cristaux de très petites dimensions diffractent les rayons X en donnant des spectres flous, dont les raies ne se discernent qu'avec beaucoup de peine. Il ne nous a pas moins paru intéressant de faire ressortir le fait, mis en évidence par les indications qui précèdent, que l'état, sous lequel un corps pur doit se trouver pour être doué d'activité catalytique, est caractérisé, *à la fois*, par une densité suffisamment inférieure à la normale et par un aspect suffisamment flou du spectre de diffraction des rayons X.

Dès l'instant qu'elles sont simultanées, ces caractéristiques ne peuvent qu'être celles d'un solide dont le réseau cristallin présente *localement* des irrégularités comportant un écartement des atomes supérieur à celui du réseau normal, c'est-à-dire une dilatation de la maille. L'abaissement de la densité n'est en effet susceptible d'aucune interprétation en dehors de celle qui consiste à le mettre sur le compte d'une augmentation des distances qui séparent les atomes constitutifs du solide. Si cette augmentation affectait d'une manière uniforme le réseau cristallin, les raies du spectre de diffraction des rayons X seraient nettes et n'auraient pas le même écartement que celles de la forme à densité normale; pour expliquer qu'il en soit autrement et que les raies en question soient à peine accusées, il faut admettre que le corps pur de faible densité se comporte comme un mélange de plusieurs corps ayant la même composition chimique et des caractéristiques cristallines légèrement différentes, c'est-à-dire que son réseau est affecté d'anomalies variables d'un point à l'autre.

Il n'est par ailleurs pas possible de mettre le caractère particulier du rœntgenogramme des corps catalytiquement actifs sur le compte de la faible dimension de leurs cristaux. Pour petits qu'ils soient, ces cristaux, s'ils étaient normalement constitués, auraient en effet la densité normale.

La conclusion à tirer des faits rapportés ci-dessus nous paraît donc être la suivante : pour qu'un corps pur à l'état solide manifeste une activité catalytique, il est nécessaire que son réseau cristallin présente localement des irrégularités, essentiellement caractérisées par une dilatation de la maille.

L'idée se présente alors immédiatement à l'esprit que ces anomalies de cristallisation pourraient bien être les *centres actifs*, dont la notion, introduite par Hugh S. Taylor, s'est jusqu'à présent montrée si féconde en ce qui concerne l'interprétation des phénomènes de catalyse hétérogène.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les conditions de fixation de* SbO^2H *par quelques monoacides-monoalcools*. Note de MM. **Volmar** et **Duquénois**, présentée par M. Delépine.

MM. Volmar et Betz (¹) ont montré que les oloïques simples comme l'acide lactique et l'acide mandélique fixent SbO^2H en donnant des émétiques cristallisés. Nous nous sommes proposé de rechercher quelle était l'influence sur cette fixation de la nature de la fonction alcool et de sa position par rapport au carboxyle. Dans ce but nous avons appliqué la méthode indiquée par MM. Volmar et Betz aux premiers termes de la série des monoalcools-monoacides gras. En faisant porter notre étude sur les acides glycolique, lactique, hydracrylique, α-oxybutyrique, β-oxybutyrique, γ-oxybutyrique, α-oxyisobutyrique, α-méthyl-β-hydracrylique, nous sommes parvenus aux résultats suivants :

I. *Les acides-alcools α sont seuls susceptibles de donner des émétiques.* — Parmi les 8 acides étudiés, seuls les acides glycolique, lactique, α-oxybutyrique, α-oxyisobutyrique fixent l'acide antimonieux. Les émétiques correspondants ont pu être isolés à l'état cristallisé; ceux dérivés des acides glycolique et lactique étaient déjà connus.

II. *Pour chaque monoacide-monoalcool-α, la fixation est maximum quand la moitié de l'acidité est salifiée.* — L'acide libre fixe faiblement SbO^2H, le sel neutre n'en fixe que des traces; entre ces deux extrêmes, la courbe de fixation en fonction de l'acidité présente un maximum correspondant à la neutralisation de la moitié de l'acide par une base alcaline, alcalino-terreuse, aminée ou alcaloïdique, c'est-à-dire *à un mélange équimoléculaire d'acide et de sel alcalin.*

III. *La facilité pour un oloïque de s'émétiser croît de la fonction alcool primaire à la fonction alcool tertiaire.* — Pour tracer les courbes précédentes en fonction de l'acidité, nous avons opéré dans tous les cas sur des liqueurs N/10, afin d'obtenir des résultats comparables; nous avons obtenu ainsi des maxima d'intensité différente pour la même durée de contact (3 heures).

50^{cm^3} acide-alcool N/10.	I N/10 correspondant à Sb fixé.
	cm^3
Acide glycolique (prim.)	25,5
Acide lactique (sec.)	37
Acide α-oxybutyrique (sec.)	30
Acide α-oxyisobutyrique (tert.)	76

(¹) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 355.

L'acide-alcool primaire réagit paresseusement, l'acide-alcool tertiaire présente une affinité bien supérieure. La comparaison des deux acides-alcools secondaires semble indiquer une inertie réactionnelle augmentant à mesure que l'on s'élève dans la série.

IV. *La courbe en fonction du temps tracée pour le mélange équimoléculaire est une courbe d'éthérification.* — Avec un (OH) secondaire, la limite est atteinte pratiquement en 3 heures. Avec un (OH) tertiaire, l'acide α-oxyisobutyrique est éthérifié en moins de 15 minutes. Avec un (OH) primaire, la limite n'est pas atteinte après 10 heures à la température de 95°.

Émétiques cristallisés obtenus. — Leurs propriétés sont analogues à celles des émétiques lactique et mandélique isolés par MM. Volmar et Betz (*loc. cit.*). Leur analyse conduit à des formules identiques. Nous avons pu isoler :

a. L'émétique glycolique, sodique, cristallisé avec $1 H^2O$:

$$CO^2Na.CH^2.O - Sb\,OH - O.CH^2.CO^2H,\ H^2O.$$

Les sels anhydres sodique et potassique correspondants ont déjà été signalés par A. Rosenheim [1].

b. L'émétique α-oxybutyrique, sodique : cristaux très hygroscopiques, dont le nombre de molécules d'eau n'a pu être déterminé. Desséché dans le vide, il devient anhydre et correspond à la formule :

$$CO^2Na.CH(C^2H^5).O - Sb\,OH - O.CH(C^2H^5).CO^2H.$$

c. L'émétique α-oxyisobutyrique, sodique : cristaux à $2 H^2O$ de formule

$$CO^2Na.C(CH^3)^2.O - Sb\,OH - O.C(CH^3)^2.CO^2H,\ 2 H^2O.$$

d. L'émétique α-oxyisobutyrique, potassique, en cristaux anhydres.

Nous continuons ces recherches.

PALÉOBOTANIQUE. — *La flore dévonienne de Caffiers (Bas-Boulonnais).* Note [2] de M. **Paul Corsin**, présentée par M. Ch. Barrois.

Terme de base de la série dévonienne, dans le Bas-Boulonnais, le grès de Caffiers, reposant sur un poudingue, représente les dépôts d'une transgression marine. Son âge, en l'absence de fossiles déterminables, était

---

(1) *Chem. Centralbl.*, II, 1931, p. 3192.

(2) Séance du 4 septembre 1933.

jusqu'à présent fixé par la présence d'une assise calcaire qui repose immédiatement sur lui : le calcaire de Blacourt, bien daté comme Givétien par de nombreux fossiles (*Stringocephalus Burtini*, *Uncites gryphus*).

Le seul débris animal que le grès de Caffiers ait livré est un poisson de genre *Holonema* décrit par M. A.-P. Dutertre, mais depuis longtemps, cette assise était réputée comme riche en plantes, sans que jusqu'à présent, aucun reste déterminable n'y ait été recueilli. Les bons affleurements manquaient et seules les roches dures apparaissant, il était impossible de recueillir des fragments assez grands pour être déterminés spécifiquement.

Dernièrement, M. Delépine m'a signalé qu'une tranchée perpendiculaire à la voie ferrée de Calais à Boulogne avait été creusée dans cette formation. Un vaste champ de recherches était ainsi ouvert.

La tranchée en question est longue de plus de 100^m et profonde de 2^m environ. Elle montre une alternance de grès grossiers rouges et verts, entre lesquels sont interstratifiées de nombreuses couches d'argiles également rouges et vertes. Ces argiles sont plus ou moins fines et l'on trouve tous les intermédiaires, depuis l'argile compacte et dure jusqu'au grès, en passant par l'argile arénacée.

Un examen très détaillé de ces couches, fait en de nombreux points de la tranchée, m'a permis de constater :

1° Que les argiles fines, compactes et dures sont stériles; pas le moindre débris de plante ne s'y est révélé.

2° Que dans les roches gréseuses (grès grossiers), il y de nombreux axes macérés, charbonneux, par suite indéterminables et formant quelquefois un petit lit continu. On trouve des axes de toutes tailles jusqu'à de grosses tiges de plusieurs centimètres de largeur sur 20 à 30^{cm} de longueur.

Mes recherches ne furent fructueuses que dans un point extrêmement localisé et ne mesurant guère plus d'un mètre de largeur. En ce point les plantes, quoique assez fragmentaires, sont déterminables spécifiquement. La roche qui les contient est une argile assez gréseuse.

Je puis dès maintenant signaler dans les grès et argiles de Caffiers la présence de :

Aneurophyton germanicum Kräusel et Weyland, *Hyenia elegans* Kräusel et Weyland, *Thursophyton* sp. et de quelques pinnules qui, je crois, peuvent se rapporter à un *Archæopteris*.

L'*Aneurophyton germanicum*, qui est sans doute une fougère primitive, est caractérisé par de gros axes se ramifiant d'abord latéralement, et dont les ramifications successives, qui suivent cette première division, se font

par dichotomie suivant toutes les directions de l'espace. Les ramifications ultimes ou feuilles sont linéaires et acuminées. On trouve également accompagnant cette plante des sporanges isolés, elliptiques allongés, tout à fait comparables à ceux qui lui ont été rapportés par divers auteurs.

L'échantillon de *Hyenia elegans* que je possède, montre des feuilles très fines, fixées sur une tige assez grosse, et se bifurquant plusieurs fois sous des angles aigus.

Ces plantes sont comparables à celles figurées par divers auteurs, notamment Kräusel et Weyland, dans plusieurs publications.

On est, jusqu'à présent, trop mal renseigné sur les différences pouvant exister entre la flore eifélienne et la flore givétienne pour attribuer l'âge eifélien plutôt que givétien au gisement de Caffiers. Toutefois sa flore montre des affinités remarquables avec celles des gisements d'âge givétien (base des couches à *Stringocephalus Burtini*) connus en Allemagne (Elberfeld) et en Belgique (Gileppe). Je ne puis que confirmer l'âge mésodévonien qui avait été attribué à cette formation avant la découverte de fossiles caractéristiques.

EMBRYOGÉNIE. — *La mécanique embryonnaire des Amphibiens, considérée, d'une manière épigénétique, comme un enchaînement de structures et de fonctions transitoires.* Note de M. **Paul Wintrebert**, présentée par M. Charles Gravier.

Les faits recueillis depuis 1928 sur le Discoglosse [1] permettent de concevoir la mécanique embryonnaire des Amphibiens d'une manière purement objective et épigénétique et de rejeter la théorie presque universellement admise de la mosaïque (Roux, 1885) ou des localisations germinales prédéterminées (His, 1874; Wilson, 1904), qui réédite, sous une forme actuelle, la vieille théorie de la préformation. L'évolution des états constitutionnels de l'œuf peut s'inscrire ainsi :

1° A la fin de sa croissance, l'œuf ovarien, hétérogène, polarisé, présente une symétrie rayonnée par rapport à un axe et ses éléments sont maintenus

(1) P. Wintrebert, *Comptes rendus*, **188**, 1929, p. 97, 421; **189**, 1929, p. 1198; **192**, 1931, p. 891; **193**, 1931, p. 447, 493; **194**, 1932, p. 1013, 2104; **195**, 1932, p. 908; **196**, 1933, p. 571, 1833; *C. R. Société de Biologie*, **98**, 1928, p. 1521; **99**, 1928, p. 1944; **102**, 1929, p. 997; **104**, 1930, p. 1229, 1234; **105**, 1930, p. 273, 520, 701, 764; **106**, 1931, p. 439, 724, 784, 908; **107**, 1931, p. 1214, 1443; **112**, 1933, p. 1636; *C. R. Association des Anatomistes*, 1929, p. 553; 1930, p. 314; 1931, p. 540, *et Bull.* n° **26**, 1932, p. 587.

en place (rigidité) par une trame cytosquelettique qui ne fait défaut qu'au pôle animal;

2° L'œuf mûr, déhiscent, dont la vésicule germinative est rompue, émet le premier globule polaire et un liquide de maturation; celui-ci contient un ferment qui, pendant la traversée de l'oviducte, coagule et rend transparentes, autour de l'œuf chorial, les diverses sécrétions tubaires qui forment les enveloppes externes;

3° L'œuf vierge, pondu, possède une charge électrique positive, qui attire les spermatozoïdes longs et immobiles, chargés négativement (Hope Hilbard, 1928); il présente, à leur approche, des phénomènes d'attraction : soulèvement de l'aire germinative et, sur celle-ci, d'une colonnette de fécondation qui capte un spermatozoïde. La monospermie est doublement assurée parla décharge électrique de l'œuf et par la diffusion rapide du ferment de l'acrosome dans le cortex;

4° Le ferment acrosomien, bientôt diffusé dans toute la masse ovulaire, dissout le cytosquelette, rend l'œuf mou et diffluent, met ses éléments en contact intime et les soumet à l'action de la pesanteur. L'œuf, ainsi activé, se contracte et expulse par l'aire germinative un liquide dit d'épuration (Bataillon). Le ferment de celui-ci dissout la première membrane tubaire. L'œuf possède encore une symétrie rayonnée par rapport à un axe; mais l'axe est changé (rotation d'épuration) et le pôle animal s'incline légèrement vers la face dorsale présumée;

5° La phase de régulation commence : le second globule polaire est émis; le noyau et la pièce intermédiaire du spermatozoïde, jusque-là enclos dans une chambre de réception superficielle, pénètrent la masse ovulaire. La copulation des pronulei s'effectue et des phénomènes d'attraction réciproque s'établissent entre noyaux et cytoplasme; cependant, comme le spermaster bloque du côté ventral présumé l'arrivée des courants plasmiques à la sphère germinative périnucléaire, ceux-ci ne peuvent passer que du côté dorsal. Les courants corticaux entraînent des grains de pigment et changent l'aspect de l'œuf; ils provoquent l'apparition des bandes en éventail de la calotte animale, du croissant gris, des stries foncées de l'hémisphère végétatif, du raphé pigmentaire du plateau supérieur, de l'écusson noir ventral. Les matériaux mi-lourds qui, de bas en haut, remontent à l'encontre de la pesanteur sur la face dorsale, se disposent symétriquement de chaque côté du courant le plus abondant et le plus fort; celui-ci marque le plan de symétrie bilatérale. Le premier noyau de segmentation se déplace à son tour; il se dirige vers le centre de la grande masse de plasma qui lui arrive du côté dorsal; celle-ci, de faible

densité, provoque par sa présence une rotation de régulation, de 35° environ.

6° A la phase de dicentrie, les courants plasmiques, qui vont à la sphère germinative, deviennent rayonnants et l'apport ultime le plus abondant de plasma détermine la direction du premier fuseau de segmentation;

7° La segmentation n'est pas un simple morcellement. Au cours de sa seconde phase, métabolique, la région sus-équatoriale dorsale des macromères montre une activité prépondérante et acquiert bientôt des propriétés inductrices. Elle devient le centre initiateur du développement, l'ordonnateur des proliférations blastuléennes (voile gris dorsolatéral). Le champ d'induction ainsi formé est purement mitogénétique et n'a rien d'un territoire organo-formateur;

8° Le plissement gastrulaire, résultat d'une contraction cellulaire, enroule les éléments inducteurs dorsaux, les plus inférieurs de ce champ, autour de la lèvre dorsale. Le milieu intérieur de l'œuf, où ils pénètrent, ajoute à leurs propriétés inductrices, jusque-là purement mitogénétiques, le pouvoir d'organisation; ainsi naît le centre organisateur de Spemann. Les cellules inductrices des lèvres latérales, qui prolongent sur la calotte végétative le champ d'induction blastuléen, subissent la loi organisatrice des cellules dorsales déjà invaginées; mais, si la continuité du champ est rompue, elles constituent, du fait de leur invagination isolée, un nouveau centre organisateur;

9° Entre la gastrulation et la neurulation, s'interpose une phase de ligne primitive pour la rallonge du tronc; les éléments du champ d'induction mitogénétique bastuléen, rassemblés par ce processus, subissent, eux aussi, la loi de l'organisateur; celle-ci leur est transmise par la partie postérieure de la chorde gastrulaire.

Les fonctions de maturation, d'attraction gamétique, d'activation, d'épuration, de régulation, d'initiation mitogénétique ordonnée, d'organisation, sont donc des moments physiologiques différents, successifs et transitoires de l'œuf en développement. Chacune d'elles est l'expression d'une structure particulière, où ne s'inscrit, à l'avance, aucun territoire organo-formateur prédestiné et traduit un mode actuel d'action qui, par son caractère général, assure l'unité de l'ontogenèse.

La séance est levée à 15h30m.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 18 SEPTEMBRE 1933.

PRÉSIDENCE DE M. Louis BOUVIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **J.-B. Charcot** s'exprime en ces termes :

J'ai l'honneur de rendre compte à l'Académie des opérations effectuées par le « Pourquoi-Pas ? » pendant la première partie de sa campagne de 1933.

En dehors de notre participation à la liquidation de la mission de l'année polaire exécutée en accord parfait avec le capitaine de corvette E. Mailloux, commandant le « Pollux » qui a joué le rôle principal dans cette opération, des travaux, recherches et observations personnelles nombreuses ont été menés à bien.

Sur le trajet France-Groenland, les travaux hydrologiques et observations habituelles ont été poursuivis.

Trois jeunes savants anglais chargés de mission par la Scott Polar Institute de l'Université de Cambridge, se trouvant à Akureyri sans moyen de communication avec la côte orientale du Groenland où ils désiraient se rendre, je les ai embarqués à titre d'hôtes personnels. Nous les avons déposés avec leur matériel d'étude et de campement dans le fond du Hurry Inlet où nous avons été les reprendre 18 jours plus tard. Un résumé de leurs intéressants travaux, exécutés grâce à notre concours, sera consigné dans le rapport préliminaire annuel.

Les travaux de M. R. Chevallier, professeur de la Faculté de Nancy, ont porté principalement sur :

Prélèvements de sables basaltiques pour l'étude complète de l'élément magnétique des roches volcaniques; observations diverses de phénomènes physiques; mesures périodiques de la température de l'eau de mer et déter-

mination de la salinité par réfractométrie (en collaboration avec M. Devaux). M. Devaux, assistant à l'Observatoire du Pic du Midi, s'est livré en outre à quelques mesures actinométriques sur les glaciers et à l'étude photométrique dans l'ultraviolet de l'absorption atmosphérique.

M. le Dr Parat, chef de travaux à la Sorbonne, et M. P. Drach, assistant à la Sorbonne, naturalistes, ont effectué de nombreuses prises de plankton au cours de la croisière, particulièrement dans le Scoresbysund, le long de la côte de Blosseville et dans différents fiords de cette côte. Des dragages ont été également exécutés aux mêmes endroits. Ces deux espèces de prélèvements ont permis de rapporter de riches collections d'animaux marins au Muséum d'Histoire naturelle.

Ils ont récolté de nombreux échantillons minéralogiques sur la terre de Liverpool, l'île Milne Land et sur la côte de Blosseville.

Enfin, au cours d'un séjour de 10 jours dans l'île Milne Land (Scoresbusund), ils ont pu recueillir une importante collection de fossiles de l'ère secondaire et quelques végétaux. Ils ont trouvé aussi des fossiles de l'ère tertiaire dans un gisement du cap Dalton (côte de Blosseville).

Sur Milne Land, avec M. Devaux, ils ont pu effectuer quelques relèvements topographiques, après s'être avancés dans l'intérieur de l'île, après avoir pénétré sur quelques glaciers et reconnu plusieurs pics non encore gravis.

L'officier des équipages A. Chatton, commandant le « Pourquoi Pas ? », a effectué et placé un nombre considérable de sondes en utilisant l'excellent sondeur acoustique Marti, vérifié fréquemment par sondages au fil vertical. Il a également recueilli d'intéressants renseignements concernant l'hydrographie et la navigation dans cette région, ainsi que des observations sur les glaces et leurs mouvements.

M. Creston, peintre de la marine marchande, en outre de ses nombreuses œuvres artistiques documentaires, a rapporté une série de vues de côtes, en particulier de la terre de Blosseville, qui viennent s'ajouter à une documentation photographique des plus riches provenant des différents membres de l'État-Major.

Le « Pourquoi Pas ? », malgré un temps en général peu favorable, a parcouru le Scoresbusund et le Hurry Inlet pour permettre l'exécution de ces différents travaux et a trouvé plusieurs mouillages. Il revenait, après chaque sortie, passer quelques jours à la baie de Rosenvinge. Profitant de notre séjour à l'île Milne, nous avons cherché et trouvé un savant allemand faisant partie de l'expédition de Lauge Koch et nous nous sommes mis à sa dispo-

sition; il a d'ailleurs travaillé en plein accord et sans rivalité scientifique avec nos collaborateurs.

En quittant définitivement Rosenvinge le 18 août, nous avons gagné le cap Dalton et mouillé dans une baie pour permettre à nos naturalistes de recueillir une belle collection de fossiles. Nous avons profité de la proximité de quatre ours blancs pour observer de très près les mœurs de ces animaux.

Grâce à l'état exceptionnel des conditions glaciaires et à des renseignements fournis par le commandant Mailloux, le « Pourquoi Pas ? » a suivi à faible distance la côte de Blosseville peu connue, exploré une baie et mouillé au fond d'un fiord de la « baie d'Aunay », nom donné par Blosseville lui-même. Tout, comme le « Pourquoi Pas ? » est le premier navire de notre nationalité à avoir exploré cette région du Groenland oriental et mouillé dans une de ces baies, nous sommes les premiers Français à avoir mis le pied sur cette terre découverte il y a exactement 100 ans par un officier de notre marine nationale.

Continuant notre reconnaissance et les travaux qu'elle comporte, nous avons poussé jusqu'au cap Crivel, limite sud de la côte Blosseville. Aucun navire d'un tonnage de notre importance n'est descendu aussi loin, l'explorateur danois Ejnar Mikkelsen est seul sur un navire de très faible tonnage à avoir suivi cette route l'an dernier.

Joints aux travaux effectués par le « Pollux » sous le commandement du capitaine de corvette E. Mailloux, ceux du « Pourquoi Pas? » de 1933, qui complètent les résultats obtenus en 1932, viennent s'ajouter à l'opération de l'année polaire. Ils ouvrent en outre un aperçu sur l'intérêt qu'il y aurait à poursuivre des recherches similaires dans ces régions.

M. **H. Perrier de la Bâthie** fait hommage à l'Académie d'un fascicule du *Catalogue des Plantes de Madagascar publié par l'Académie Malgache* : Polygalaceae.

NOMINATIONS.

MM. **L. Mangin**, **L. Joubin**, **Ch. Gravier**, **J. Charcot** sont désignés pour représenter l'Académie au lancement du navire de recherches de l'Office scientifique et technique des Pêches Maritimes, le *Président Théodore Tissier*, aux Ateliers et Chantiers de la Seine Maritime, au Trait, le 23 septembre 1933.

CORRESPONDANCE.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Le problème biharmonique fondamental à deux dimensions*. Note [1] de M. S. **Michlin**.

Appelons, avec M. N. Muschelišvili [2], problème biharmonique fondamental, le problème suivant : Déterminer la fonction ω qui satisfait à l'équation $\Delta^2\omega = 0$ à l'intérieur du domaine B et aux conditions aux limites

$$\frac{\partial\omega}{\partial x} + i\frac{\partial\omega}{\partial y} = f$$

sur le contour C de ce domaine. Ce problème est résolu pour le cas du domaine simplement connexe borné, notamment par MM. J. Hadamard [3], G. Lauricella [4] et d'autres. M. N. Muschelišvili [1] a résolu ce problème pour le cas du domaine simplement connexe arbitraire. Nous allons le résoudre pour le cas du domaine multiplement connexe. Notre méthode sera fondée sur l'application de la formule de Green.

Soient B un domaine quelconque borné du plan $z = x + iy$ et $G(z, \zeta)$ la fonction de Green pour ce domaine. La fonction

$$M(z, \zeta) = G(z, \zeta) + iH(z, \zeta) = G(z, \zeta) + i\int_a^z -\frac{\partial G}{\partial y}dx + \frac{\partial G}{\partial x}dy$$

est une fonction analytique de z. Dans ce qui suit $\zeta = \xi + i\eta$ sera un point variable du contour C; $\partial/\partial\nu$ le symbole de la dérivée normale relative à ζ et $d\sigma$ l'élément de l'arc du contour. Si $F(z)$ est régulière dans B, nous aurons

$$(1) \qquad \frac{1}{4\pi}\int_C F(\zeta)\frac{\partial M(z, \zeta)}{\partial\nu}d\sigma = F(z) - \frac{1}{2}F(a),$$

$$(2) \qquad \frac{1}{4\pi}\int_C \overline{F(\zeta)}\frac{\partial M(z, \zeta)}{\partial\nu}d\sigma = \frac{1}{2}\overline{F(a)}.$$

---

(1) Séance du 26 juin 1933.

(2) *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 77 et 221; *Math. Annalen*, **107**, 1932, H. 2, p. 282-313.

(3) *Sur le problème d'analyse*, etc. (*Savants étrangers*, **33**, n° 4, 1908, p. 128).

(4) *Sur l'intégration*, etc. (*Acta mathem.*, **32**, 1909, p. 201-256).

D'après la formule connue de M. E. Goursat, pour toute fonction biharmonique ω, on aura

$$\omega = \mathrm{R}\{\bar{z}\,\varphi(z) + \chi(z)\}, \tag{3}$$

$\varphi(z)$ et $\chi(z)$ étant des fonctions analytiques. Posons $\chi'(z) = \psi(z)$. De la formule (3) nous tirons, en remplaçant z par ζ, les conditions aux limites

$$\varphi(\zeta) + \zeta\overline{\varphi'(\zeta)} + \overline{\psi(\zeta)} = f(z). \tag{4}$$

Multiplions par $1/4\pi\ \partial\mathrm{M}(\zeta, z)/\partial\nu$ la relation (4) et celle que nous obtiendrons en remplaçant les deux membres de cette relation par leurs conjuguées et intégrons le long de C. Par un choix convenable de certaines constantes, nous obtiendrons les formules suivantes :

$$\varphi(z) + \frac{1}{4\pi}\int_{\mathrm{C}} \zeta\frac{\partial\mathrm{M}(z,\zeta)}{\partial\nu}\overline{\varphi'(\zeta)}\,d\sigma = \frac{1}{4\pi}\int_{\mathrm{C}} f(\zeta)\frac{\partial\mathrm{M}(z,\zeta)}{\partial\nu}\,d\sigma = \mathrm{F}(\mathrm{Z}), \tag{5}$$

$$\psi(z) + \frac{1}{4\pi}\int_{\mathrm{C}} \bar{\zeta}\frac{\partial\mathrm{M}(z,\zeta)}{\partial\nu}\varphi'(\zeta)\,d\sigma = \frac{1}{4\pi}\int_{\mathrm{C}} \overline{f(\zeta)}\frac{\partial\mathrm{M}(z,\zeta)}{\partial\nu}\,d\sigma = \Phi(z). \tag{6}$$

De la relation (5) on déduit l'équation fonctionnelle

$$\varphi'(z) + \frac{1}{4\pi}\int_{\mathrm{C}} \frac{\partial}{\partial\zeta}\left[(\zeta - z)\frac{\partial\mathrm{M}(z,\zeta)}{\partial\nu}\right]\overline{\varphi'(\zeta)}\,d\sigma + \frac{1}{2}\overline{\varphi'(a)} = \mathrm{F}'(z), \tag{7}$$

où z est un point du contour.

Les fonctions $\partial/\partial z[(\zeta - z)\,\partial\mathrm{M}(z,\zeta)/\partial\nu]$ et $\mathrm{F}'(z)$ sont continues si l'angle (ν, ξ) et la fonction $f(\zeta)$ admettent des dérivées des deux premiers ordres par rapport à l'arc du contour. D'après la formule (1), on a

$$\frac{1}{2\pi}\int_{\mathrm{C}} \frac{\partial\mathrm{M}(z,\zeta)}{\partial\nu}\,d\sigma = 1. \tag{8}$$

Au moyen de la substitution

$$\varphi'(z) = \mathfrak{I}(z) + l; \qquad \text{où} \quad l + \frac{1}{2}\bar{l} + \frac{1}{2}\overline{\varphi'(a)} = 0, \tag{9}$$

nous réduisons l'équation (7) à l'équation

$$\mathfrak{I}(z) + \frac{1}{4\pi}\int_{\mathrm{C}} \frac{\partial}{\partial z}\left[(\zeta - z)\frac{\partial\mathrm{M}(z,\zeta)}{\partial\nu}\right]\overline{\mathfrak{I}(\zeta)}\,d\sigma = \mathrm{F}'(z) \tag{10}$$

qui est équivalente à un système de deux équations de Fredholm.

D'après (9),

$$\overline{\varphi'(a)} = \overline{\mathfrak{I}(a)} + \bar{l}, \qquad \frac{1}{2}\overline{\mathfrak{I}(a)} + l + \bar{l} = 0. \tag{11}$$

Si $\vartheta(a)$ est réelle, la relation (11) détermine la partie réelle de l; la partie imaginaire reste indéterminée. La condition nécessaire et suffisante de la possibilité du problème est que $\vartheta(a)$ soit réelle. Comme on peut le démontrer, dans le cas du domaine borné, cette condition est équivalente à la suivante :

$$\int_c R(f)\,dx + I(f)\,dy = 0. \tag{12}$$

La même méthode d'application de la fonction complexe de Green permet de construire les équations intégrales du problème biharmonique pour le domaine infini et pour des problèmes plans d'élasticité.

THÉORIE DES GROUPES. — *Sur les espaces vectoriels considérés comme groupes topologiques.* Note (1) de M. **André Markoff**, transmise par M. Élie Cartan.

Les espaces vectoriels de dimension finie donnent un exemple simple de groupes topologiques localement bicompacts (2), connexes et commutatifs. Il est naturel de demander quelle place occupent les espaces vectoriels parmi ces groupes, par quelles propriétés internes on peut les caractériser. Voici des réponses à ces questions.

Théorème. — *Pour chaque groupe topologique* G *localement bicompact, connexe et commutatif, il existe un homomorphisme bicontinu* (3) *de* G *sur un espace vectoriel* E_m *de dimension finie, tel que l'ensemble original complet de chaque sous-ensemble bicompact de* E_m *est aussi bicompact.*

Corollaire I. — *Les conditions suivantes sont nécessaires et suffisantes pour qu'un groupe topologique* G *soit topologiquement isomorphe à un espace vectoriel de dimension finie :*

1° G *est localement bicompact;*
2° G *est connexe;*
3° G *est commutatif;*
4° G *n'a pas de sous-groupes bicompacts contenant plus d'un point.*

---

(1) Séance du 11 septembre 1933.
(2) Voir P. Alexandroff et P. Urysohn, *Mémoire sur les espaces topologiques compacts* (*Verh. K. Akad. Wet. Amsterdam, Afd. Nat.*, **14**, 1, 1929, p. 59 et suiv.).
(3) Voir P. Alexandroff, *Math. Ann.*, **96**, 1926, p. 555-571.

La démonstration de ces résultats peut être construite d'après le plan suivant.

Soit G un groupe topologique satisfaisant aux conditions du théorème. Nous montrons d'abord qu'il existe dans G un ensemble fini de points $(a_1, \ldots, a_m)$ et un ensemble F bicompact tels que chaque élément y de G peut être représenté sous la forme

$$y = \sum_{i=1}^{m} n_i a_i + x,$$

où n_i sont des entiers et x un point de F. On choisit les points $a_1, \ldots, a_m$ et l'ensemble F de telle manière que le nombre m soit aussi petit que possible.

Soit maintenant A_j^h $(h = 0, \pm 1, \pm 2, \ldots; j = 1, \ldots, m)$ l'ensemble de tous les points de la forme

$$\sum_{i=1}^{m} n_i a_i$$

avec $n_j = h$. Nous montrons alors que les m systèmes d'ensembles

$$\{A_j^h\}_{h=0, \pm 1, \pm 2, \ldots}$$

sont divergents, c'est-à-dire que leurs limites topologiques supérieures (¹) sont vides. C'est là le point le plus difficile du raisonnement.

Prenons maintenant un point quelconque y de G. Il existe des nombres entiers $n_{i,p}$ et des points x_p de F tels qu'on ait

$$py = \sum_{i=1}^{m} n_{i,p} a_i + x_p \qquad (p = 1, 2, \ldots).$$

En s'appuyant sur la divergence de systèmes $\{A_j^h\}_{h=0, \pm 1, \pm 2, \ldots}$, on peut montrer que les m suites $\{n_{i,p}/p\}_{p=1, 2, \ldots}$ sont convergentes. On voit, en outre, que les limites de ces suites dépendent seulement du point y.

Ces limites définissent donc m fonctions du point de G

$$f_i(y) = \lim_{p \to \infty} \frac{n_{i,p}}{p}.$$

En considérant les m nombres réels $f_i(y)$ comme composants d'un vec-

---

(¹) Voir P. Alexandroff et P. Urysohn, *loc. cit.*, p. 44.

teur de l'espace vectoriel E_m, on définit ainsi une représentation f de G dans E_m. On établit successivement les propriétés suivantes de cette représentation : 1° f est un homomorphisme; 2° f est continue; 3° l'ensemble original complet $f^{-1}(X)$ de chaque sous-ensemble bicompact X de E_m est bicompact; 3° l'image $f(X)$ de chaque sous-ensemble fermé X de G est fermé dans E_m; 5° on a

$$f(G) = E_m.$$

Le théorème énoncé étant ainsi démontré, le corollaire I s'ensuit immédiatement. Il résulte, en effet, de la condition 4° de ce corollaire que l'homomorphisme bicontinu f de G sur E_m est biunivoque. C'est donc un isomorphisme topologique, ce qui démontre la suffisance des conditions 1°-4°. Leur nécessité est évidente.

Voici une autre conséquence de notre théorème :

Corollaire II. — *Chaque groupe topologique* G *localement bicompact, connexe et commutatif contient un sous-groupe bicompact maximal, c'est-à-dire contenant tous les sous-groupes bicompacts de* G.

Ce sous-groupe est formé par les points de G correspondant au vecteur zéro de E_m.

Une exposition développée de ces résultats paraîtra dans un autre Recueil.

AÉRODYNAMIQUE APPLIQUÉE. — *Sur la loi de variation du pas des tourbillons se détachant des pales d'une hélice propulsive en fonction de* V/nD; *application au calcul de la circulation; vitesse; puissance.* Note [1] de M. **Jacques Valensi**, transmise par M. Henri Villat.

De nombreuses mesures effectuées avec une maquette d'hélice Ratier à des V/nD égaux et des V et des n différents ($1200 \leq n \leq 2400$; $5{,}50 \leq V\ 24$) nous ont permis de vérifier dans ces limites l'exactitude de la loi de similitude.

Nous représentons d'autre part pour les hélices précédemment citées [2] la loi expérimentale de variation du pas réduit de l'axe du tourbillon marginal (rapport du pas absolu au diamètre de l'hélice) en fonction de V/nD à n constant et égal 2000 t/m.

---

(1) Séance du 28 août 1933.

(2) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 514.

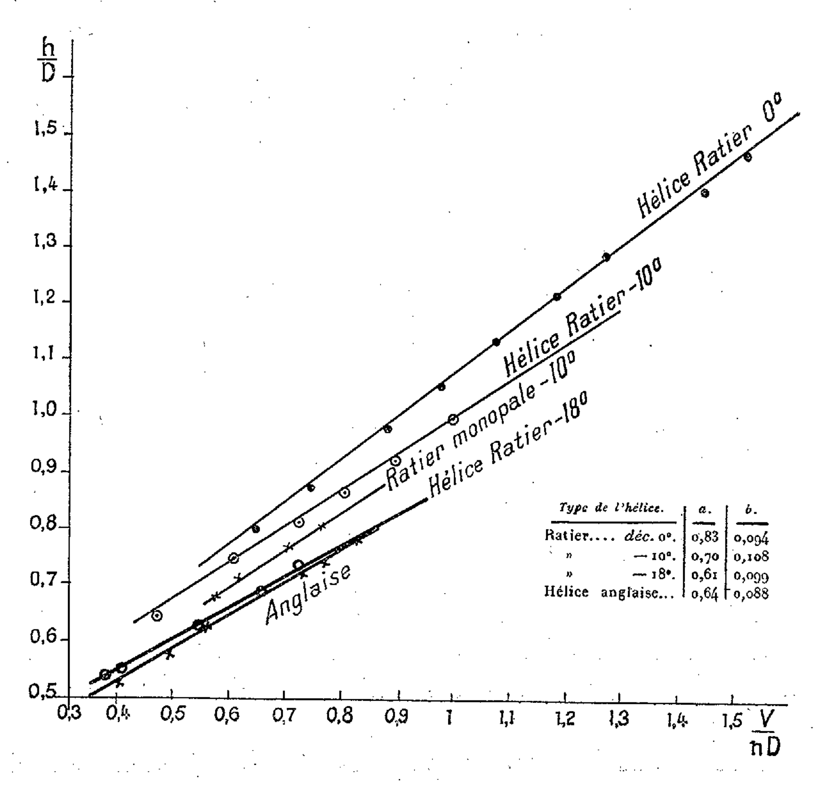
La figure montre que quelle que soit l'hélice dans le domaine des V/nD utilisés en aviation cette loi est linéaire. On a d'une manière générale :

$$\frac{h}{\pi D} = a\frac{V}{\Omega R} + b$$

et l'on peut poser approximativement :

$$(1)\qquad \operatorname{tang}\alpha = \frac{1}{a\dfrac{V}{\Omega R} + b},$$

en confondant la surface de révolution contenant l'axe du tourbillon



Type de l'hélice.	a.	b.
Ratier.... déc. 0°.	0,83	0,094
» — 10°.	0,70	0,108
» — 18°.	0,61	0,099
Hélice anglaise...	0,64	0,088

marginal avec un cylindre de révolution ayant pour base la circonférence décrite par l'extrémité des pales (α désigne l'angle de la droite développement de l'axe du tourbillon avec l'axe de rotation).

En s'appuyant d'autre part sur la théorie tourbillonnaire de l'hélice propulsive selon Riabouchinsky et Joukowski et écrivant qu'une des lignes de courant du mouvement relatif se confond avec l'axe du tourbillon marginal,

on obtient une équation où entre $\operatorname{tang}\alpha$ (¹) :

$$\frac{J}{\Omega S}\operatorname{tang}^2\alpha + 2\frac{V}{\Omega R}\operatorname{tang}\alpha + \frac{J}{\Omega S} - 2 = 0. \tag{2}$$

Tirant $\operatorname{tang}\alpha$ de (2) on déduit d'après (1) une équation nous donnant $J/\Omega S$ en fonction de V/nD. On trouve

$$\frac{J}{\Omega S} = 2\left(a\frac{V}{\Omega R} + b\right)\frac{(a-1)\dfrac{V}{\Omega R} + b}{\left(a\dfrac{V}{\Omega R} + b\right)^2 + 1}. \tag{3}$$

A partir de $J/\Omega S$ nous pouvons résoudre un certain nombre de problèmes et faire des vérifications.

En particulier : 1° le V/nD de traction nulle satisfait à l'équation $J/\Omega S = 0$, d'où $V/\Omega R = b/1 - a$. Appliquons ce calcul à l'hélice Ratier S.9470, décalage 0 (pas réduit moyen 1,5). On a

$$a = 0,83; \quad b = 0,094; \quad \frac{V}{nD} = 1,74.$$

La valeur mesurée sur l'hélice grandeur à la grande soufflerie d'Issy-les-Moulineaux est 1,79. Au décalage — 18°,

$$a = 0,61; \quad b = 0,099; \quad \frac{V}{nD}\ \text{calculé} = 0,80; \quad \text{mesuré à Issy} = 0,81, \quad \dots$$

On peut prendre suffisamment en aval de l'hélice comme expression approximative de la vitesse absolue moyenne : $w = (\Omega R \operatorname{tang}\alpha)\, J/\Omega S$. Le calcul numérique de w d'après cette expression conduit à des valeurs de w coïncidant avec celles déduites de mesures moyennes effectuées à l'aide d'un Pitot dans la zone cylindrique où V reste approximativement constant en direction pendant une révolution de l'hélice.

Négligeant le frottement de l'air sur les pales et supposant la vitesse absolue moyenne constante en aval de l'hélice entre le moyeu (rayon R_0) et l'extrémité des pales, on obtient pour la puissance l'expression approchée :

$$P = \pi\rho\Omega^3 R^5\left[1 - \frac{R_0^2}{R^2}\right]\frac{J}{\Omega S}\left[\frac{V}{\Omega R} + \frac{1}{2}\,\frac{\dfrac{J}{\Omega S}}{a\dfrac{V}{\Omega R} + b}\right],$$

(¹) Le calcul est effectué pour une hélice bipale; J désigne la circulation autour de chaque tourbillon marginal. M. Wettchinkine obtient cette équation par un autre procédé.

où il convient de remplacer $J/\Omega S$ par son expression (3) en fonction de V/nD.

Voici la vérification à divers V/nD pour l'hélice Ratier décalage O, pour les vitesses (Pitot à 22^cm en aval) et les coefficients de puissance $\chi = P/\rho n^3 D^5$.

$\frac{V}{nD}$	0,745.	0,845.	0,935.	1,04.	1,15.	1,225.	1,4.
w (mesuré)	4,65	4,14	3,50	3,04	2,50	2,18	1,45
w (calculé)	4,68	4,25	3,65	3,16	2,62	2,24	1,42
χ (mesuré)	0,195	0,185	0,18	0,173	0,167	0,16	0,132
χ (calculé)	0,194	0,204	0,206	0,21	0,202	0,193	0,149

ÉLECTROOPTIQUE. — *Sur la biréfringence électrique du camphre.* Note [1] de M. **Marcel Schwob**, transmise par M. Jean Perrin.

La biréfringence électrique du camphre a été étudiée par de Mallemann [2], à la température ordinaire, sur les formes active et racémique, en solution dans l'éther de pétrole et pour les trois raies de l'arc à mercure : 4360, 5460 et 5780 Å.

Cet auteur a conclu à l'identité des constantes de Kerr des deux formes, à une dispersion normale à la température ordinaire et à la non-influence de la concentration.

On sait cependant que la nature du solvant agit sur la valeur du pouvoir rotatoire spécifique du camphre en solution, comme cela a été démontré par R. Lucas [3], de même qu'elle modifie la valeur de l'absorption propre du camphre dans l'ultraviolet, ainsi que je l'ai observé moi-même, en collaboration avec R. Lucas [4].

En outre l'étude des biréfringences magnétiques du camphre en solution dans divers solvants, à diverses concentrations et pour plusieurs longueurs d'onde, a permis à R. Lucas et moi-même [5] de déceler plusieurs anomalies importantes (dispersion anormale, influence de la concentration et de la nature du solvant).

---

(1) Séance du 21 août 1933.
(2) De Mallemann, *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 1534.
(3) R. Lucas, *Ann. Phys.*, 10e série, **9**, 1928, p. 443.
(4) R. Lucas et M. Schwob, *Journ. de Phys.*, 7e série, **3**, 1932, p. 43.
(5) R. Lucas et M. Schwob, *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 2296.

Il semblait donc utile d'entreprendre une étude plus complète de la biréfringence électrique du camphre, qui pouvait présenter quelques anomalies.

En employant la méthode stroboscopique, décrite dans de précédents mémoires ([1]) et ([2]) et un nouveau modèle de cellule de Kerr en verre Pyrex, à faces soudées et à rodage central, j'ai étudié la dispersion de biréfringence électrique du camphre à l'état liquide et à la température de 183°C.

La cellule de Kerr était maintenue à cette température, à moins d'un degré près, à l'aide d'un thermostat à vapeur d'aniline.

J'ai d'autre part étudié la dispersion de la biréfringence des solutions de camphre racémique dans le tétrachlorure de carbone à la température ordinaire.

Enfin j'indique ci-dessous les résultats d'une étude faite à différentes températures, entre 20° et 183°C, de la biréfringence électrique du camphre en solution dans le pétrole lampant (huile de pétrole Rhône-Poulenc). Ces mesures ont été faites pour différentes couleurs et pour deux concentrations différentes.

Les températures constantes nécessaires ont été réalisées dans un four électrique de grandes dimensions à l'aide d'un régulateur thermométrique à contacts à mercure.

Les résultats obtenus ont été les suivants (nous avons pris comme référence la biréfringence électrique du sulfure de carbone, dans la même cuve et pour le même champ pour $\lambda = 5460\,\text{Å}$ et une température de 20°C, prise arbitrairement égale à 100) :

1. *Camphre racémique liquide :*

$$\text{Température } \theta = 183^{\circ}\text{C.}, \qquad \lambda = 5460\,\text{Å},$$
$$B_{5460}^{183} = 120. \qquad \text{Dispersion : } B_{4360}/B_{5460} = 1,47.$$

2. *Camphre racémique en solution dans le tétrachlorure de carbone :*

$$\theta = 24^{\circ}\text{C.}, \qquad \lambda = 5460\,\text{Å},$$
$$B_{5460}^{124} = 160,$$

(en tenant compte de la biréfringence du solvant).

Ce chiffre est légèrement plus faible que celui obtenu par de Mallemann à partir des

---

([1]) R. Lucas et M. Schwob, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1729.

([2]) R. Lucas et M. Schwob, *Journ. de Phys.*, 7e série, 4, 1933, p. 287.

solutions dans l'éther de pétrole :

$$\text{Dispersion : } B'_{4360}/B'_{5460} = 1{,}45.$$

3. *Camphre racémique en solution dans l'huile de pétrole* (on a tenu compte de la biréfringence, d'ailleurs faible, du solvant, en admettant une loi simple de mélange) :

Solution 1. — Camphre $32^g,8$; pétrole $53^g,1$:

$$\theta = 20^\circ\text{C.}, \quad \lambda = 5460\,\text{Å},$$
$$B''^{20}_{5460} = 137. \quad \text{Dispersion } B''_{4360}/B''_{5460} = 1{,}47.$$

Solution 2. — Camphre $19^g,1$; pétrole 49^g :

$$\theta = 20^\circ,5\text{C.}, \quad \lambda = 5460\,\text{Å},$$
$$B^{20,5}_{5460} = 126. \quad \text{Dispersion} = 1{,}48.$$

Variation avec la température. — Elle est très voisine de celle que prévoit la loi de Langevin, entre 20° et 180° C. La variation par degré est de 1/260.

En admettant une loi analogue pour le camphre à l'état pur, on trouverait, pour la biréfringence électrique du camphre, supposé liquide à 20° C.,

$$B^{20}_{5460} = 190 \text{ environ.}$$

L'ensemble de ces mesures montre :

1° Qu'à l'état liquide et qu'en solution dans les solvants indiqués ci-dessus, la *dispersion* de biréfringence électrique du camphre est sensiblement *normale;*

2° Que la *variation avec la température* de la biréfringence électrique du camphre en solution dans le pétrole lampant *obéit* sensiblement à la *loi de Langevin;*

3° Que la *nature du solvant* intervient pour *modifier* la valeur de la biréfringence spécifique du camphre (de même qu'elle modifie le pouvoir rotatoire, l'absorption dans l'ultraviolet et la biréfringence magnétique);

4° Que dans le cas des solutions dans le pétrole lampant il y a une *influence de la concentration*, la *dilution* tendant à *diminuer* la biréfringence électrique du camphre.

Ces résultats sont en accord avec l'hypothèse de R. Lucas sur le polymorphisme moléculaire du camphre en solution.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les deux formes de l'acide phosphoreux.* Note (¹) de MM. **Roger Dolique** et **André Grangiens**, présentée par M. Delépine.

On sait que l'acide phosphoreux PO^3H^3 peut exister sous l'une ou l'autre des formes suivantes :

$$O=P\begin{cases}OH\\H\\OH\end{cases} \qquad P\begin{cases}OH\\OH\\OH\end{cases}$$

Les méthodes utilisées pour la mise en évidence de ces structures font appel à des réactions chimiques au cours desquelles l'acide phosphoreux entre en jeu et perd son individualité. Alec Duncan Mitchell (²), à qui l'on doit une étude de la forme à trois oxhydriles, envisage, par exemple, l'action réductrice des solutions obtenues par décomposition du trichlorure de phosphore par l'eau.

Nous nous sommes proposé de suivre l'évolution de ces mêmes solutions au cours du temps par un procédé non plus chimique mais physique et nous avons fait choix de la méthode d'analyse capillaire indiquée par Dubrisay (³), c'est-à-dire la mesure du nombre de gouttes fournies par écoulement, au sein des différents milieux en expérience, d'un volume donné d'une solution d'acide stéarique dans l'huile de vaseline.

Pour pouvoir suivre les phénomènes sur plusieurs solutions alternativement, rapidement et à température constante, notre burette à huile de vaseline communiquait avec un nombre égal de récipients disposés dans un thermostat, chacun des tubes d'amenée aux capillaires possédant son robinet d'arrêt particulier. En outre, au lieu de fabriquer des tubes capillaires de diamètres rigoureusement égaux, nous avons ramené, par le calcul, nos déterminations de nombres de gouttes (N) à autant de rapports entre chacune de ces valeurs et la valeur expérimentale limite (N_∞) pour une concentration donnée.

Le graphique suivant montre les variations du rapport N/N_∞ en fonction

(¹) Séance du 11 septembre 1933.

(²) Alec Duncan Mitchell, *J. Chem. Soc.*, 127, 1925, p. 336.

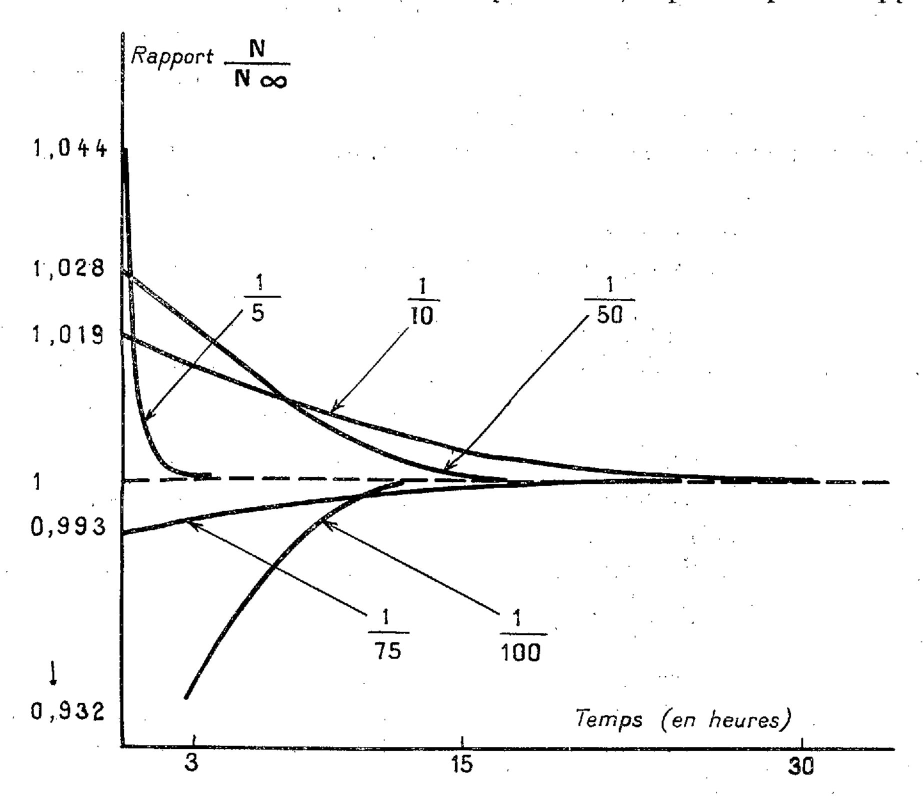
(³) *Bull. Soc. chim.*, 4ᵉ série, 13, 1913, p. 657; *Ann. Chim.*, 9, 9ᵉ série, 1918, p. 25.

du temps pour des solutions aqueuses contenant respectivement 1/5, 1/10, 1/50, 1/75, et 1/100 en poids de PCl^3, la température étant de 20° C.

Ces expériences montrent que :

1° La tension superficielle des solutions étudiées augmente avec le temps si la concentration est supérieure à 1/50; elle diminue, au contraire, pour les concentrations de 1/75 et de 1/100. Dans tous les cas, elle tend vers une valeur limite.

2° La variation relative de tension superficielle, exprimée par le rapport



N_0/N_∞ est d'autant plus grande que l'on s'éloigne, dans un sens ou dans l'autre, d'une certaine concentration pour laquelle on ne constaterait aucune évolution. Cette concentration est comprise entre 1/50 et 1/75 en PCl^3.

3° La vitesse d'évolution à l'origine des temps, c'est-à-dire la valeur de la dérivée $d(N/N_0)/dt$ pour $t=0$, est d'autant plus grande également que l'on s'éloigne de la concentration indiquée.

4° L'équilibre est atteint d'autant plus tard qu'on se rapproche de cette concentration.

Ces faits expérimentaux sont en accord avec l'existence des deux formes d'acide phosphoreux déjà signalées. Ils démontrent de plus l'existence d'un équilibre entre ces deux formes.

La mesure du pH, effectuée sur la solution au 1/100, nous a fait savoir que l'acidité ionique des solutions diluées diminuait au cours du temps alors que, pour des teneurs plus élevées (1/50, 1/25), la variation est de sens contraire. Nous en concluons la prépondérance initiale de la forme à trois oxhydriles dans les solutions diluées, et, inversement, celle de la forme à deux oxhydriles dans les plus concentrées.

Le détail de ces expériences paraîtra dans un autre Recueil.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la méthylène-butanolone.* Note [1] de MM. **H. Gault** et **L. A. Germann**, présentée par M. Delépine.

Au cours de la préparation de la butanolone (méthylol-acétone) $CH^3.CO.CH^2.CH^2OH$ suivant les indications du brevet Bayer [2] :

$$CH^3.CO.CH^3 + CH^2O \rightarrow CH^3.CO.CH^2.CH^2OH,$$

nous avons séparé, dans les produits d'un certain nombre de distillations finales, une fraction supérieure (E_{20} 95-105°) qui n'avait pas été signalée et dont nous avons entrepris l'étude.

Par des rectifications répétées de cette fraction, nous avons isolé un produit passant à 92-95° sous 15^{mm}. Ce liquide, légèrement visqueux, incolore, soluble dans l'eau et dans l'alcool, peu soluble dans l'éther, présente tous les caractères d'un cétol éthylénique. Il répond à la formule $C^5H^8O^2$, fixe directement le brome en donnant un dérivé dibromé et, par hydrogénation en présence de nickel, fournit un cétol saturé (E_{15} 96°) que nous avons identifié par sa phénylhydrazone (F. 107°) avec le produit de condensation méthyléthylcétone-formaldéhyde, c'est-à-dire avec la méthylbutanolone (E_{15} 90-95°; phénylhydrazone F. 107°) [3] :

$$CH^3.CO.\underset{\displaystyle CH^3}{\underset{|}{CH^2}} + CH^2O \rightarrow CH^3CO.\underset{\displaystyle CH^3}{\underset{|}{CH}}.CH^2OH$$

(1) Séance du 11 septembre 1933.

(2) D. R. P. 223.207, 8 janvier 1909.

(3) Voir Auwers et Heimke, *Chem. Zbl.*, 2, 1927, p. 2756.

L'ensemble de ces faits nous a permis de conclure que le produit isolé dans nos condensations acétone-formol était la méthylène-butanolone :

$$CH^3.CO.\underset{\underset{CH^2}{\|}}{C}.CH^2OH$$

En nous basant sur nos observations expérimentales, nous sommes conduits à admettre que la condensation acétone-formol, même dans les conditions du brevet Bayer, c'est-à-dire en présence d'un très grand excès d'acétone, s'effectue tout au moins partiellement entre une molécule d'acétone et *deux* molécules de formaldéhyde. Cette condensation donne ainsi naissance à la méthylol-butanolone (diméthylol-acétone) soit directement, soit indirectement, par fixation d'une deuxième molécule de formaldéhyde sur la butanolone formée :

$$\left.\begin{array}{l} CH^3.CO.CH^3 + 2CH^2O \\ CH^3.CO.\underset{\underset{CH^2OH}{|}}{CH^2} + 1\,CH^2O \end{array}\right\} \rightarrow CH^3.CO.\underset{\underset{CH^2OH}{|}}{CH}.CH^2OH$$

La méthylol-butanolone, peu stable, se dissocie ensuite par distillation en butanolone par perte de formaldéhyde et en méthylène-butanolone par perte d'eau :

$$CH^3.CO.\underset{\underset{CH^2OH}{|}}{CH}.CH^2OH \left\{ \begin{array}{l} -H^2O \rightarrow CH^3.CO.\underset{\underset{CH^2}{\|}}{C}.CH^2OH \\ -CH^2O \rightarrow CH^3.CO.CH^2.CH^2OH \end{array}\right.$$

Nous cherchons à déterminer les facteurs qui orientent cette dissociation dans l'un ou l'autre sens et nous poursuivons l'étude des propriétés et des réactions de formation de la méthylène-butanolone.

L'obtention de ce cétol éthylénique à partir de la diméthylol-acétone venant d'être brevetée (1), nous avons tenu à signaler les résultats que nous avions obtenus antérieurement à la publication du brevet.

---

(1) D. P. A. (35 940), J. 41.547, IV/12 o.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la dissociation ionique des dérivés de la 2-thio-tétrahydro-1.2.3.4-quinazoline.* Note (¹) de M. **C.-V. Gheorghiu**, présentée par M. Delépine.

Dans un travail antérieur (²), en condensant les sénévols aryliques avec l'*o*-amino-benzaldoxine, j'ai obtenu des dérivés de la 2-thio-tétrahydro-1.2.3.4-quinazoline (I) (³) :

$R = H$, C^2H^5; $Ar = C^6H^5$, *o.* et *p.* $(CH^3C^6H^4)$,

CHOR, N — Ar, C = S, NH

(I).

produits solides incolores qui, chauffés au-dessus de 80° dans le benzène, le toluène, le xylène, la pyridine, donnent des solutions colorées à chaud, dont la teinte vire suivant la concentration et la température du violet (dans le benzène) au rouge (dans la pyridine).

Ces dérivés forment encore des solutions rouge intense avec les acides (SO^4H^2, ClO^4H) et se colorent aussi en rouge au voisinage du point de fusion.

On pourrait attribuer la coloration à une dissociation thermique en radicaux libres, mais la totale insensibilité de leurs solutions colorées vis-à-vis de l'oxygène exclut cette possibilité.

Ici, il s'agit d'une dissociation ionique, pareille à celle observée dans le cas des spiropyranes (⁴), qui présentent en effet les mêmes phénomènes de colorations que les dérivés de la 2-thiotétrahydroquinazoline.

W. Dilthey et Wizinger (⁵) ont observé encore que les solutions colo-

---

(¹) Séance du 11 septembre 1933.

(²) C.-V. Gheorghiu, *J. für prakt. Ch.*, 2ᵉ série, **130**, 1931, p. 49-70.

(³) Préparés en partie aussi par R. Reissert et H. Schaaf, *D. ch. G.*, **59**, 1926, p. 2494.

(⁴) Voir A. Löwenbein et Katz, *D. ch. G.*, **59**, 1926, p. 1856; R. Dickinson et J. Heilbron, *J. Chem. Soc.*, **130**, 1927, p. 1699; W. Dilthey, C. Berres, E. Hölterhoff et H. Wübken, *J. für prakt. Ch.*, 2ᵉ série, **114**, 1926, p. 179; W. Dilthey et H. Wübken, *D. ch. G.*, **61**, 1928, p. 964.

(⁵) W. Dilthey et R. Wizinger, *D. ch. G.*, **59**, 1926, p. 1856,

rées des spiropyranes se décolorent par addition de la pipéridine et que les solutions dans celle-ci sont jaunes, même à chaud, fait observé aussi dans le cas des dérivés I.

La coloration des spiropyranes (II) est due, d'après Dilthey et ses collaborateurs ([1]), à une dissociation ionique, la forme colorée étant représentée comme une molécule hétéropolaire du type (III) :

$$C^{10}H^{6}\left\langle\begin{matrix}CH=CH\\ O\end{matrix}\right\rangle C\left\langle\begin{matrix}CH=CH\\ O\end{matrix}\right\rangle C^{6}H^{4} \rightleftharpoons C^{10}H^{6}\left\langle\begin{matrix}CH=CH\\ \overset{}{\underset{-}{O}}\,|\end{matrix}\right\rangle \underset{+}{C}\left\langle\begin{matrix}CH=CH\\ O\end{matrix}\right\rangle C^{6}H^{4}.$$

(II). Incolore. (III). Forme colorée.

La coloration par les acides est due à la formation d'un sel *carbonium* (IV) :

$$\left[C^{10}H^{6}\left\langle\begin{matrix}CH=CH\\ OH\end{matrix}\right\rangle \underset{+}{C}\left\langle\begin{matrix}CH=CH\\ O\end{matrix}\right\rangle C^{6}H^{4}\right] ClO^{4}.$$

(IV).

Dans le cas des dérivés de la 2-thiotétrahydroquinazoline, par analogie avec les spiropyranes, on pourrait imaginer la dissociation et la coloration par les acides d'une manière analogue.

Par l'ouverture du noyau 2-thiotétrahydropyrimidinique ([2]), il y a création d'un état du sel intramoléculaire par une liaison hétéropolaire entre les atomes non saturés de carbone (2) et d'azote (1) :

CHOR, 3 N—Ar, 2 C=S, 1 NH ⇌ CHOR, N—Ar, C=S (+), NH| (−)

(V). Incolore. (V). Coloré.

La coloration en rouge par les acides est due à la formation d'un sel *carbonium* (VI)

[CHOR, N—Ar, C=S, NH^{2} +] ClO^{4}.

(VI).

([1]) *Loc. cit.*

([2]) En général, l'ouverture du noyau pyrimidinique des dérivés de la tétrahydroquinazoline a lieu entre le C(2) et l'azote (1) (V. Meyer, *Lehrbuch der organ. Chemie*, 2, partie III, p. 1234 et 1243).

Si la coloration est due à une dissociation ionique, alors celle-ci doit dépendre, en outre de la concentration et de la température, du pouvoir dissociant du solvant.

En effet, les solutions des dérivés (I) dans les hydrocarbures, dont le pouvoir dissociant est petit (la const. diélectrique du toluène = 2, 3), se colorent en violet faible, tandis que dans les aldéhydes dont le pouvoir dissociant est plus élevé, ces dissolutions se colorent en rouge sang, comme avec les acides.

Ce fait constitue d'après Dilthey l'argument essentiel pour la dissociation ionique.

Les solutions alcooliques et cétoniques (excepté celle dans l'acétophénone) ne se colorent pas à chaud, quoique les alcools et les cétones aient un pouvoir dissociant plus fort que les hydrocarbures. Il y a probablement formation des produits d'addition, comme dans le cas des spiropyranes en présence de la pipéridine, étudié par W. Dilthey et R. Wizinger (*loc. cit.*).

La séance est levée à $15^h 30^m$.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 24 avril 1933.)

Note de MM. *André Meyer* et *Marcel Tuot*, Sur la déshydratation de quelques alcools tertiaires par le sulfate de cuivre anhydre :

Page 1233, début du dernier alinéa, *au lieu de* Diméthyl-2.4-heptène-4, *lire* Diméthyl-2.4-hexène-4.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 25 SEPTEMBRE 1933.

PRÉSIDENCE DE M. Louis BOUVIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **P. Zeeman**, Associé étranger de l'Académie, qui assiste à la séance.

LITHOLOGIE. — *Les roches éruptives potassiques, leucitiques ou non, du Tonkin occidental.* Note [1] de M. **A. Lacroix**.

Le contraste est fort grand entre les roches éruptives *subalcalines* de la plus grande partie de l'Indochine et celles, *alcalines*, qui viennent d'être rencontrées par M. Fromaget dans l'extrême Nord-Ouest du Tonkin, entre la Rivière Noire et Lao Kay, sur la frontière chinoise (Yunnan).

On y connaissait quelques granites hyperalcalins, à riebeckite et ægyrine, dont les paramètres sont I.3-4.I.3; leur mise en place est antérieure aux grands charriages néotriasiques. Tous présentent au moins des traces de déformation mécanique et ceux du massif du Fan Si Pan, en galets dans les conglomérats siluriens, ont été laminés d'une façon intense, puis ont subi partiellement une recristallisation gneissique.

En relation avec la zone charriée, s'étendant entre Binh Lu et Laichau, M. Fromaget a découvert récemment, et sur plus de 100^{km}, d'autres roches éruptives alcalines, intrusives ou filoniennes pour la plupart, mais dans certains cas, volcaniques avec accompagnement de tufs. Il a bien voulu m'en confier l'étude; je resterai ici sur le domaine purement litholo-

---

(1) Séance du 28 août 1933.

gique, renvoyant pour tout renseignement géologique à sa Note de la page 651 ci-dessous.

La caractéristique de toutes ces roches consiste dans l'accentuation du *caractère potassique* des précédentes. Elles sont, en général, remarquablement fraîches et se prêtent bien à l'étude minéralogique et chimique ([1]).

Une série *syénitique* est assez étendue, depuis un type hololeucocrate passant au granite, une *nordmarkite* [I'.(4) 5.1 (2).3'], puis des *syénites* assez variées, généralement saturées, renfermant toutes du diopside avec, dans les unes de la biotite et du *grenat mélanite*, dans les autres de la biotite et de la hornblende. Un type tout à fait remarquable, à diopside, biotite et olivine, est mésocrate et représente, dans cette série potassique, l'homologue de la *kwellite*, dans la série sodique des syénites du Sud de la Norvège. Les paramètres de ces trois roches, progressivement de plus en plus riches en minéraux lourds, sont respectivement :

I(II).5.1(2).3; II.5.1.3'; 'III.5.1.(2)3.

Ces granites et ces syénites sont traversés par de nombreux dykes de *minettes* à diopside, avec ou sans olivine, de structure variée. A l'inverse de toutes les roches précédentes, elles ne sont pas fraîches; alors que tous les autres minéraux sont intacts, leurs pyroxènes sont calcifiés et la roche imprégnée de calcite. Il n'a donc pas paru opportun de les faire analyser; néanmoins, je ne crois pas m'aventurer beaucoup en considérant que leur composition doit être représentée par des variations sur les paramètres II-III.5.1-2.2-3.

A ces roches viennent s'ajouter des types à silice déficitaire représentant des formes mésocrates de la famille des *syénites néphéliniques* dont les types leucocrates n'ont pas été rencontrés encore. Ce sont d'abord une *shonkinite* et une *microshonkinite*, renfermant ou non une petite quantité d'ægyrine; leurs paramètres sont respectivement 'III.(5)6.1.3; III.6.(1)2.3.

Il faut en rapprocher une curieuse *tinguaïte*, probablement cryptomorphe par suite de l'absence de feldspath, à moins que celui-ci n'ait été analcimisé par voie secondaire. C'est la seule roche plus sodique que potassique [III.'7.1.4.] de ce cortège.

Enfin il me reste à signaler des dykes de roches noires, à facies quelque

---

([1]) Les paramètres magmatiques indiqués ci-contre sont déduits d'analyses chimiques dues à M. F. Raoult, qui vont paraître dans un autre Recueil.

peu basaltique, mais renfermant des lamelles de biotite qui, au premier abord, pourraient les faire prendre pour des minettes. Leurs paramètres sont les suivants :

III.'6.1.(2)3[1.3.2.'2] et III.5'.1.3[(1)2.'3.2.'2].

Ces roches, riches en phénocristaux d'olivine, de diopside et de biotite, ont pour feldspath microlitique de l'orthose et de la *leucite*. Elles ne correspondent strictement à aucun type lithologique connu; au point de vue chimique, elles se rapprochent de la jumillite, mais leur déficit en silice est supérieur; elles s'en distinguent minéralogiquement par la quantité très faible du mica; je crois pouvoir les désigner sous un nom spécial, et je propose celui de *cocite*, emprunté à l'un de leurs gisements, le Pia Coc. Dans la série potassique des phonolites, elles correspondent à la *murite*, forme mésocrate des phonolites sodiques.

Il faut en rapprocher un dernier type en différant surtout par ce fait que la silice est presque saturée, ce qui entraîne la disparition de la leucite, et en ce que les microlites d'orthose y sont accompagnés de plagioclase. Les rapports feldspathiques, qui sont syénitiques, distinguent cette roche de l'*absarokite* dont elle est voisine. Ses paramètres sont :

III.5.2.2(3)[1(2).2'.2.'2].

Dans la région, où se rencontrent les roches précédentes, M. Fromaget a trouvé une intrusion d'une *dolérite* qui, par sa richesse en phénocristaux d'augite et d'olivine, doit être regardée comme une ankaramite doléritique voisine de l'océanite IV.5.4.0[1(II).3(4).1'.1(2)]. Cette roche, très pauvre en alcalis, avec prédominance de la soude, se distingue nettement, par son caractère mélanocrate, de toutes les dolérites de la série calco-alcaline de l'Indochine.

En résumé, cette *série potassique* a une physionomie très spéciale, rappelant celle de certaines régions du Montana. L'apparition de la *leucite* doit être signalée d'une façon toute particulière; on sait, en effet, que la leucite n'était connue dans le continent asiatique que dans des laves des bords de la mer Noire, à Trébizonde, où je l'ai signalée, il y a quelque quarante ans dans celles du lac Urmia, en Perse, et, en Chine, dans le Shansi, où M. Nyström a rencontré une tinguaïte à pseudo-leucite.

Il est bien vraisemblable que l'étude plus approfondie sur le terrain fera découvrir d'autres types lithologiques dans cet intéressant cortège de roches alcalines potassiques.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Remarques au sujet des neutrons.* Note [1] de M. **Jean Perrin**.

1. On regarde généralement comme éléments constitutifs des noyaux atomiques l'électron négatif β, et le proton positif π, devant leurs inerties à leurs charges (égales, mais inégalement ramassées). Électron et proton qui, se combinant selon les règles quantiques, donnent (Bohr) en ses divers états stationnaires l'atome d'hydrogène.

D'autre part, l'existence de *neutrons* a été invoquée (Chadwick) pour expliquer le fait (Irène Curie et Joliot) que certains au moins des rayons pénétrants qu'émet le glucinium soumis aux rayons α (Bothe), et qui ne se laissent pas dessiner par détentes Wilson, communiquent une violente impulsion à quelques noyaux rencontrés sur leur passage (ce que ne font pas les rayons γ), noyaux qui décrivent alors des parcours que dessinent les détentes Wilson. Les rayons pénétrants qui ont cette propriété s'interprètent quantitativement comme décrits par des « neutrons », de charge nulle, et de masse peu différente de celle des protons (d'après les énergies de recul des atomes transmutés et les énergies cinétiques des noyaux projetés).

Le neutron a d'abord été considéré comme un complexe $\pi\beta$ d'un proton et d'un électron, résultant d'une combinaison plus intime que dans l'atome d'hydrogène, avec une perte de masse correspondant à une perte d'énergie de quelques millions d'électrons-volt [2]. Cette combinaison est en dehors des possibilités prévues par la Mécanique ondulatoire, objection à laquelle on répondait en supposant que l'attraction de l'électron par le proton cesse d'être coulombienne à très petite distance.

Enfin des *positrons* ou électrons positifs β^+ ont été décelés par Anderson, puis Blackett, qui observèrent, par détentes Wilson, que d'un même point peuvent jaillir (par action de rayons cosmiques ?) deux gerbes comparables d'une douzaine de rayons courbés inégalement par le champ magnétique et dans les deux sens inverses pour les deux gerbes, et auxquels la détente donne le même aspect qu'à des rayons β. Depuis, Irène Curie et Joliot ont trouvé que lorsqu'un photon assez aigu (quantum franchement supérieur au million d'électrons-volt) frappe le noyau d'un atome lourd, il peut disparaître, ou donner un photon plus grave, en créant et lançant une paire d'électrons β^+ et β^- dont la masse et l'énergie cinétique équi-

---

(1) Séance du 18 septembre 1933.

(2) D'après le bilan énergétique de la transmutation de bore B^{11} provoquée par les rayons α avec projection d'un neutron. Ce qui donne pour le neutron-gramme 1,0065.

valent à l'énergie disparue. Ces physiciens ont de plus découvert que les rayons α dont on savait qu'ils peuvent arracher un proton à un atome de bore ou à un atome d'aluminium peuvent, avec une probabilité comparable, en arracher, avec un neutron, un positron révélé par détente Wilson, les deux processus conduisant sans doute à un même noyau transformé. Et ils ont aussitôt signalé que ce fait donne une base expérimentale à une conception suivant laquelle le neutron serait simple, mais non pas le proton, qui serait un complexe $\omega\beta^+$, formé par combinaison d'un neutron ω avec un positron β^+. Cette idée suggère diverses remarques.

2. D'abord, cette idée est satisfaisante en ce que l'attraction du positron par le neutron n'obéit probablement pas à la loi de Coulomb, en sorte que le calcul qui donne les orbites de Bohr n'a plus à s'appliquer.

La même idée suggère, puisqu'il n'y a pas de proton négatif, que le neutron n'a aucune affinité pour l'électron négatif (si même il ne le repousse pas), alors qu'il en a une très forte pour le positron (dissymétrie fondamentale des électricités positive et négative). Cette affinité semble plus forte qu'il ne résulte du calcul de Chadwick. Irène Curie et Joliot montrent en effet que c'est probablement B^{10}, et non B^{11}, qui se transmute (en C^{13}) par action des rayons α et avec projection simultanée d'un neutron et d'un positron. Compte tenu des énergies cinétiques, ils trouvent ainsi pour le neutron-gramme la masse 1,012. Soit une perte de $5^{mg},4$ lors de la formation d'un proton-gramme par combinaison de neutrons et de positrons.

On peut maintenant se demander si le positron, qui a une affinité si forte pour le neutron, ne suffit pas à capter deux neutrons. C'est ce complexe $\omega_2\beta^+$ (et non $\pi_2\beta^-$, comme on l'a d'abord formulé) qui serait le « demi-hélion » ou *hydron* η dont l'existence au sein des noyaux a été imaginée et rendue probable par Francis Perrin dans le même temps que Ruark et Urey découvraient l'isotope 2 de l'hydrogène et dont le noyau serait précisément cet hydron. Isotope depuis préparé en quantité notable et auquel il faudra bien donner un nom spécial (qui pourrait être *hydrum* correspondant à son noyau l'hydron comme l'hélium à son noyau l'hélion).

La raie de l'hydron au spectrographe de masse donne pour l'hydron-gramme la masse $2^g,012$, soit une perte de masse de $12^{mg},5$ à partir de 2 neutrons et 1 positron ou de $6^{mg},7$ à partir de 1 neutron et 1 proton. Lancés par un champ accélérateur, les hydrons dessinent des rayons η qui provoquent des transmutations remarquables (Lawrence) comme font les protons (rayons π) ou les hélions (rayons α).

Si l'hydron ne contient pas d'électron, il en doit être de même pour le

noyau d'hélium ou hélion, jusqu'ici considéré comme un complexe très robuste $\pi_4\beta_2^-$ de 4 protons et 2 électrons (avec perte de masse égale par noyau-gramme à 32^{mg}) et qui serait un complexe, plus robuste encore, $\omega_4\beta_2^+$ de 4 neutrons et 2 positrons (avec perte de masse égale à 50^{mg}).

Plus généralement, tout noyau serait fait de neutrons et de positrons, éventuellement associés en subnoyaux tels que le proton, l'hydron, ou l'hélion. *Malgré sa charge positive, un noyau ne pourrait absorber ni contenir d'électron.*

Mais il faut alors expliquer la radioactivité β, qui tient en ce que le noyau projette un électron négatif, en même temps qu'il gagne une unité de charge positive, et progresse d'un rang dans la série de Mendélejeff. Il suffit pour cela d'admettre (F. Perrin) que l'électron projeté ne préexistait pas dans le noyau, mais qu'il y est créé en même temps qu'un électron positif, aux dépens d'une énergie intra (ou extra) nucléaire, comme nous avons vu que cela est possible par absorption d'un photon aigu. Le positron créé se souderait à un neutron du noyau tandis que l'électron β^- serait projeté.

3. *Transformations de matière en lumière et lumière en matière.* — La simplicité du neutron, conçu comme élément auquel serait due presque toute la masse de la matière, doit se concilier avec le fait que, au cours de leur évolution, les étoiles perdent la plus grande partie de leur masse initiale. On le comprenait quand on pouvait supposer la disparition, par paires, de protons (regardés comme simples) et d'électrons, avec apparition de photons dont le quantum (environ un milliard d'électrons-volt) équivalait à la masse disparue. Il faut de même, si la masse d'une étoile est faite (sensiblement) de celle de neutrons, que ces neutrons portent en eux quelque cause de transformation spontanée en photons.

Il peut être intéressant, à ce propos, de se rappeler que le neutron paraît avoir (Francis Perrin) un moment magnétique (¹). L'énergie du champ de ce petit aimant suffit peut-être à expliquer sa masse. En ce cas la disparition simultanée de ses pôles magnétiques (Dirac envisageait récemment des charges magnétiques réelles), ou, sans préciser plus, la disparition spontanée de ce champ magnétique avec apparition corrélative de photons pénétrants (équivalant toujours sensiblement au milliard d'électrons-volt) expliquerait à nouveau l'évaporation des Étoiles en Lumière.

(¹) Selon les mesures de Stern, le proton (c'est-à-dire $\omega\beta^+$) a un moment magnétique. D'autre part (spectre de l'hélium), l'hélion α n'en a pas. Dès lors l'hydron η ou $\omega_2\beta^+$ n'en a pas non plus, car les raies du spectre de Li^6 (de noyau $\alpha\eta$) et de N^{14} (de noyau $\alpha_3\eta$) ne présentent pas de structure hyperfine. Ainsi, $\omega\beta^+$ a un moment, et $\omega_2\beta^+$ n'en a pas. Ceci ne semble explicable que si le neutron ω a un moment, avec opposition des moments des deux neutrons dans l'hydron.

Il faut, bien entendu, que le phénomène inverse (régénération de neutrons aux dépens de photons) ne compense pas cette transformation. C'est le cas du fait que, dans leur longue course au travers de l'étoile, les photons aigus se transforment progressivement en photons de plus en plus graves, par effet Compton ou effet ionisant, ou surtout (Irène Curie et Joliot) en créant et lançant des couples β^+ et β^-, en sorte que la création de matière dans l'étoile est moins probable que sa disparition (et que la lumière qui s'en échappe diffère peu de celle d'un corps noir à quelques milliers de degrés).

Mais, en dehors des étoiles, dans le vide, une énorme quantité de matière se trouve disséminée, soit sous forme d'atomes ionisés (1 atome de calcium par pouce cube, selon Eddington, d'après une raie noire commune aux spectres stellaires), soit sous forme d'atomes entièrement « écorcés » et réduits à leur minuscule noyau, soit (termes de la dissociation que favorise la rareté des rencontres) sous forme d'hélions, d'hydrons, de protons et enfin de *neutrons libres* (sans parler de positrons et d'électrons négatifs).

La disparition de ces neutrons projettera de-ci de-là les mêmes photons que dans les étoiles, mais les rayons cosmiques ainsi engendrés auront des libres parcours immenses. Pour une planète comme la Terre, ils arriveront de toutes les directions du « ciel » avec une répartition uniforme. Mais ils pourront du reste ne constituer qu'une part des rayons cosmiques observés, car des rayons corpusculaires ultrapénétrants, lancés par différences de potentiel énormes réalisées autour des astres, peuvent également frapper la planète.

Mais nos rayons cosmiques viennent seulement du ciel; il n'en sort pratiquement pas du sol. Si donc des photons de désintégration neutronique forment une part notable de nos rayons cosmiques, c'est que de tels photons produits dans le sol s'y dégradent (sur des noyaux) sans pratiquement sortir, ou que les neutrons du sol, enchaînés au sein de noyaux atomiques, ont de ce fait une vie moyenne plus longue que les neutrons libres interstellaires.

En tout cas la régénération de neutrons aux dépens de photons (éventuellement produits par effet Compton inversé) doit se poursuivre dans le vide. Même si la Matière et la Lumière se maintiennent dans l'Univers en équilibre statistique, et puisque les Étoiles une fois nées s'amenuisent sans cesse, il faut que, dans l'espace « vide », il apparaisse plus de neutrons qu'il n'en disparaît, en sorte que la gravitation puisse former lentement les agglomérations nébulaires d'où sortent les jeunes Étoiles géantes.

NOMINATIONS.

M. P. **Sabatier** est désigné pour représenter l'Académie à l'inauguration du Monument Charles Moureu, le 11 octobre 1933, à Pau.

La **Section d'Économie rurale** et M. G. **Bertrand** sont désignés pour représenter l'Académie au *IIIe Congrès international technique et chimique des industries agricoles*, qui se tiendra à Paris du 28 mars au 5 avril 1934.

CORRESPONDANCE.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Le problème de la répartition.* Note de M. **Edgar Baticle**, transmise par M. Emile Borel.

Dans ma Note du 26 juin 1933, j'ai donné les équations permettant de calculer les probabilités $\varpi_1, \varpi_2, \ldots, \varpi_k$, pour qu'il y ait, dans les n lots entre lesquels sont répartis m objets, 1, 2, ..., k lots ayant, chacun, plus de $\alpha = p/n$ objets. Je me propose de donner les valeurs explicites de ces probabilités.

Les équations en question sont, en commençant par l'équation en ϖ_n :

$$\varpi_n = (1 - n\alpha)^{n-1},$$
$$\varpi_{n-1} + C_n^{n-1}\varpi_n = C_n^{n-1}[1 - (n-1)\alpha]^{n-1},$$
$$\varpi_{n-2} + C_{n-1}^{n-2}\varpi_{n-1} + C_n^{n-2}\varpi_n = C_n^{n-2}[1 - (n-2)\alpha]^{n-1},$$
$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots,$$

et ainsi de suite.

En faisant les substitutions successives, on reconnaît aisément que l'on a

$$(1)\qquad \varpi_k = C_n^k\left\{(1-k\alpha)^{n-1} - C_{n-k}^1[1-(k+1)\alpha]^{n-1} + C_{n-k}^2[1-(k+2)\alpha]^{n-2} - \ldots\right\}.$$

C'est là la formule que j'avais en vue.

Si m n'était pas très grand, on aurait une formule analogue où $[1-(k+u)\alpha]^{n-1}$ serait remplacé par $C_{m-(k+u)p-1}^{n-1} : C_{m-1}^{n-1}$.

La formule (1) convient pour des valeurs de n relativement faibles. Elle convient également lorsque α n'est pas très petit : le nombre de termes entre accolades est en effet au plus égal à $1/\alpha$. Mais si l'on a, à la fois, α petit et n grand, les calculs deviennent inextricables : je vais montrer que, dans ce cas, il est possible d'avoir une formule approximative qui permet d'appliquer la théorie usuelle des écarts.

En effet, si l'on peut remplacer $1-(k+u)\alpha$ par $(1-\alpha)^{k+u}$, on voit aisément que l'on aura :

$$\varpi_k = C_n^k[(1-\alpha)^{n-1}]^k[1-(1-\alpha)^{n-1}]^{n-k}. \tag{2}$$

Tout se passe alors comme si la probabilité ϖ_k était celle d'avoir, sur n épreuves, k épreuves favorables à l'événement de probabilité $(1-\alpha)^{n-1}$, qui est la fréquence relative moyenne des grandeurs éventuelles supérieures à la fraction α du total; mais ce n'est, évidemment, là que la conséquence de l'approximation.

Je vais, d'ailleurs, calculer une limite supérieure de l'erreur commise en appliquant la formule (2).

En remplaçant $1-(k+u)\alpha$ par $(1-\alpha)^{k+u}$, on commet une erreur qui est toujours inférieure à e^{-1}, qui est la valeur de $(1-\alpha)^{k+n}$ pour

$$k+u=\frac{1}{\alpha}.$$

D'autre part, le maximum de $C_{n-k}^u[(1-\alpha)^{k+u}-1+\alpha(k+u)^{n-1}]$ est très voisin du maximum de $C_{n-k}^u[\alpha^2(k+u)^2/2]^{n-1}$. L'erreur sur l'expression entre accolades est inférieure au double du terme maximum. On est ainsi ramené à la recherche du maximum de $2C_nC_{n-k}^u(k+u)^{2(n-1)}$. En passant aux valeurs asymptotiques et en posant

$$\frac{k}{n}=x, \qquad \frac{u}{n}=y \qquad \text{et} \qquad 1-(k+u):n=z,$$

l'expression à étudier est proportionnelle à

$$\frac{1}{\sqrt{xyz}}\left[\frac{(1-z)^2}{x^x y^y z^z}\right]^n \qquad \text{avec la condition } x+y+z=1.$$

Si n est assez grand pour qu'on puisse négliger $1/2n$, le maximum aura lieu en même temps que celui de

$$\frac{(1-z)^2}{x^x y^y z^z}.$$

En annulant la différentielle logarithmique de cette expression, on a les

conditions :

$$dx\,\mathrm{L}x + dy\,\mathrm{L}y + dz\left(\mathrm{L}z + \frac{2}{1-z}\right) = 0,$$
$$dx + dy + dz = 0.$$

D'où $\mathrm{L}x = \mathrm{L}y = \mathrm{L}z + 2/1 - z$, c'est-à-dire $x = y = z^{2/1-z}$. Comme on a $x + y + z = 1$, on voit que x doit satisfaire à l'équation $x = (1 - 2x)e^{1/x}$. La racine de cette équation est 0,47; de sorte que le maximum de l'expression étudiée a lieu pour $x = 0{,}47$, $y = 0{,}47$, $z = 0{,}06$. Tenant compte de ce que $[1/2\alpha^2(k+u)^2]^{n-1}$ ou $[\alpha^2 n^2/2(1-z)^2]^{n-1}$ est toujours plus petit que e^{-n+1}, on voit que la limite supérieure de l'erreur sur ϖ_k ressort, calculs faits, à $7{,}51/n(1/1{,}13)^n$.

L'erreur sur la probabilité d'un écart déterminé, dans l'application de la théorie des écarts, est égale au produit de cette expression par la valeur absolue de l'écart envisagé.

Pratiquement, la méthode approximative est suffisante à partir de $n = 40$.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur quelques classes de congruences* W. Note de M. **A. Demoulin**.

1. Soit s une surface quelconque rapportée à un réseau (u, v). Si une surface S correspond à s avec orthogonalité des éléments, on a, x, y, z et X, Y, Z désignant les coordonnées rectangulaires d'un point quelconque m de s et du point M de S qui lui correspond,

$$(1)\qquad \mathrm{S}x'_u \mathrm{X}'_u = 0, \qquad \mathrm{S}(x'_u \mathrm{X}'_v + x'_v \mathrm{X}'_u) = 0, \qquad \mathrm{S}x'_v \mathrm{X}'_v = 0.$$

Pour déterminer les surfaces S, posons, conformément à une méthode que nous avons proposée (¹) :

$$(2)\qquad \mathrm{S}x'_u \mathrm{X} = \lambda, \qquad \mathrm{S}x'_v \mathrm{X} = \mu.$$

Si l'on dérive les égalités (2) par rapport à u et à v et qu'on tienne compte des égalités (1), il vient

$$\mathrm{S}x''_{u^2}\mathrm{X} = \lambda'_u, \qquad \mathrm{S}x''_{uv}\mathrm{X} = \frac{1}{2}(\lambda'_v + \mu'_u), \qquad \mathrm{S}x''_{v^2}\mathrm{X} = \mu'_v.$$

(¹) *Comptes rendus*, **116**, 1893, p. 682. Page 683, lignes 2 et 3, en remontant, *lire* (2) à gauche de l'accolade. Page 684, lignes 2, 3, 4, *au lieu de* (2), *lire* à gauche de l'accolade $(2)_a$. Même page, lignes 5 et 7, *au lieu de* (2), *lire* (2) et $(2)_a$.

ou, en vertu des formules de Gauss,

$$S(Ax'_u + A_1 x'_v + Lc)X = \lambda'_u,$$
$$S(Bx'_u + B_1 x'_v + Mc)X = \frac{1}{2}(\lambda'_v + \mu'_u),$$
$$S(Cx'_u + C_1 x'_v + Nc)X = \mu'_v,$$

ou encore, en vertu des égalités (2),

$$A\lambda + A_1\mu + LScX = \lambda'_u,$$
$$B\lambda + B_1\mu + MScX = \frac{1}{2}(\lambda'_u + \mu'_v),$$
$$C\lambda + C_1\mu + NScX = \mu'_v.$$

Ces dernières égalités entraînent les suivantes :

$$(3)\qquad \frac{\lambda'_u - A\lambda - A_1\mu}{L} = \frac{\frac{1}{2}(\lambda'_v + \mu'_u) - B\lambda - B_1\mu}{M} = \frac{\mu'_v - C\lambda - C_1\mu}{N}.$$

Soit (λ, μ) une solution du système (3). ScX est égale à la valeur commune ω des rapports (3). L'équation $ScX = \omega$ et les équations (2) donnent X, Y, Z.

2. On sait que la tangente t à s en m qui est perpendiculaire au segment de projections X, Y, Z engendre une congruence W. Si du, dv sont les paramètres directeurs superficiels de t, on a $S(x'_u\,du + x'_v\,dv)X = 0$ ou, en vertu des égalités (2), $\lambda\,du + \mu\,dv = 0$. Dès lors, *la tangente t à s en m, de paramètres directeurs superficiels μ, $-\lambda$, engendre la congruence* W *la plus générale dont s est une des nappes de la surface focale.*

Nous avons fait connaître ([1]) le cas particulier de ce théorème pour lequel u, v sont les paramètres des asymptotiques de s.

3. La fonction φ définie par l'égalité $\lambda = -\mu\varphi$ est le coefficient angulaire superficiel de t. φ satisfait à une équation aux dérivées partielles du second ordre que nous allons former. A cet effet, remplaçons, dans les équations (3), λ par $-\mu\varphi$ et résolvons les équations obtenues par rapport à $D_u \log\mu$ et à $D_v \log\mu$. Soient $\mathcal{A}$, $\mathcal{B}$ les expressions respectives de ces dérivées. L'équation en question est $\mathcal{A}'_v = \mathcal{B}'_u$. Nous la désignerons par (E).

4. Les coordonnées x_1, y_1, z_1 du second point focal M_1 de t ont pour expressions

$$x_1 = x - 2\frac{x'_u + \varphi x'_v}{A + B\varphi + \varphi'_v}, \qquad \ldots.$$

([1]) *Comptes rendus*, **153**, 1911, p. 796.

Ces formules permettent de calculer les coefficients de la première forme quadratique fondamentale $E_1 du^2 + 2F_1 du dv + G_1 dv^2$ de la surface S_1, lieu de M_1.

5. Supposons la surface s définie par une équation résolue par rapport à z et posons $u = x$, $v = y$. L'équation (E) est de la forme

$$\Omega(\varphi) \equiv F(p, q, r, s, t, \alpha, \beta, \gamma, \delta; \varphi, \varphi'_x, \varphi'_y, \varphi''_{x^2}, \varphi''_{xy}, \varphi''_{y^2}) = 0, \tag{4}$$

p, q, r, s, t, α, β, γ, δ désignant les dérivées premières, deuxièmes et troisièmes de z par rapport à x et à y.

Soient θ_1, θ_2 les coefficients angulaires superficiels des droites t_1, t_2 tangentes en m aux lignes de courbure qui passent par ce point.

6. Formons les équations aux dérivées partielles dont dépendent diverses classes de surfaces.

1° Si t_1 engendre une congruence W, on a $\Omega(\theta_1) = 0$, équation du quatrième ordre.

2° Supposons que deux tangentes rectangulaires de s engendrent des congruences W. Si φ est le coefficient angulaire superficiel d'une de ces tangentes, le coefficient angulaire superficiel φ' de l'autre tangente est une fonction de p, de q et de φ, et l'on a $\Omega(\varphi) = 0$, $\Omega(\varphi') = 0$.

3° Supposons que s soit une surface R. Par définition, deux tangentes conjuguées de cette surface engendrent des congruences W. Si φ est le coefficient angulaire superficiel d'une de ces tangentes, le coefficient angulaire superficiel φ' de l'autre tangente est une fonction de r, de s, de t et de φ, et l'on a $\Omega(\varphi) = 0$, $\Omega(\varphi') = 0$.

4° Supposons enfin qu'une tangente t de s engendre une congruence W sur les deux nappes de la surface focale de laquelle les lignes de courbure se correspondent.

Soit φ le coefficient angulaire superficiel de t.

Les tangentes de la seconde nappe S_1 de la surface focale dont θ_1, θ_2 sont les coefficients angulaires superficiels sont conjuguées. Pour qu'elles soient rectangulaires, il faut et il suffit qu'on ait

$$E_1 + F_1(\theta_1 + \theta_2) + G_1\theta_1\theta_2 = 0. \tag{5}$$

Les congruences considérées sont définies par les équations (4) et (5).

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur la géométrie de l'holoespace des fonctions holomorphes dans un même domaine et sur ses liens avec la théorie des équations différentielles ordinaires* [1]. Note [2] de M. **Silvio Minetti**, transmise par M. Émile Borel.

Je vais maintenant établir les conditions nécessaires et suffisantes pour la pseudo-linéarité d'ordre 2 [3] d'une équation différentielle non linéaire

$$y' = f(\theta, y)$$

du premier ordre. Rappelons ici quelques notions de calcul différentiel absolu généralisé de Pascal-Vitali, appliqué à la géométrie différentielle des espaces hilbertiens [4]. Si V_n est une variété à n dimensions de l'holoespace que l'on considère, lieu des $\varphi(\theta, u_1, u_2, \ldots, u_n)$, φ est invariante par rapport à toutes les transformations invertibles S des paramètres u en nouveaux paramètres v_1 puisque la φ décrit toujours la même variété. Si alors P est un point de V_n, on pose $\varphi_\alpha = \partial^k \varphi / \partial u_{i_1} \partial u_{i_2} \ldots \partial u_{i_k}$ avec α indice de classe entière ν [5] et $i_1, i_2, \ldots, i_k$ les chiffres de α. En passant alors des u aux v, chaque φ_α se transforme dans une combinaison linéaire des φ_α mêmes; les φ_α peuvent donc être regardés comme paramètres d'un espace euclidien σ_γ passant pour P et déterminé par ces mêmes paramètres. Je l'appellerai l'*espace fondamental* $\nu^{\text{ième}}$ de la V_n en P, tandis que l'on désigne par r_ν le nombre de ses dimensions. On pourra de même considérer l'espace $\sigma_{\nu+1}$ à $r_{\nu+1}$ dimensions, et si $r_{\nu+1} > r_\nu$, il existera dans $\sigma_{\gamma+1}$ un espace euclidien à $r_{\gamma+1} - r_\gamma$ dimensions orthogonal à σ_γ en P. On appelle ce dernier espace, *espace principal* $(\nu+1)^{\text{ième}}$ de la V_n en P; il sera désigné par $\Pi_{\nu+1}$. Si en outre $a_{\alpha,\beta} = \int_g \varphi_\alpha \varphi_\beta \, d\theta$, avec α et β indices de classes entières r et s, et

---

(1) Se reporter à mes deux précédentes Notes (*Comptes rendus*, 197, 1933, p. 221 et 474).

(2) Séance du 18 septembre 1933.

(3) C'est-à-dire que toutes ses intégrales sont aussi intégrales d'une équation linéaire de deuxième ordre.

(4) En remarquant que les holoespaces que je considère sont précisément des espaces particuliers hilbertiens. En particulier nous nous référons ici, pour fixer les idées, à l'holoespace des fonctions $f(x)$ continues et dérivables autant de fois qu'il sera nécessaire dans un intervalle g. Le cas de l'holoespace (F) ne diffère pas substantiellement de celui-ci.

(5) Rappelons ici que si l'on désigne avec ρ_α le nombre des chiffres de l'indice α, on dit que α est de classe entière γ; quel que soit l'état de α on a toujours $1 \leqq \rho_\alpha \leqq \gamma$.

g intervalle de variabilité de θ, on prouve que le système $a_{\alpha,\beta}$ est un système absolu ([1]). De même si a_{γ} désigne le déterminant $|a_{\alpha,\beta}|$ avec α et β de classe entière ν, et $\underset{\nu}{a^{\alpha,\beta}}$ le réciproque de $a_{\alpha,\beta}$ dans a_{ν}, le système $\underset{\nu}{a^{\alpha,\beta}}$ est absolu (contrevariant à deux indices supérieurs). Si l'on introduit alors les symboles de Christoffel (de classe ν) $\underset{\gamma}{C^{\beta}_{\alpha p}} = \Sigma_{\gamma} a_{\alpha p,\nu} . a^{\alpha,\nu}$ (avec γ indice de classe γ, p indice de classe 1, et αp état d'un indice qui a tous les chiffres de α et le chiffre p), on pourra considérer le système covariant des φ_{α} défini par la relation

$$D_p \varphi_{\alpha} = \frac{\partial \varphi_{\alpha}}{\partial u_p} - \Sigma_{\gamma} \underset{\gamma}{C^{\gamma}_{\alpha p}} . \varphi_{\gamma} = \varphi_{\alpha p} = \varphi_{\alpha p} - \Sigma_{\gamma} \underset{\gamma}{C^{\gamma}_{\alpha p}} . \varphi_{\gamma},$$

qui est tel que si $\rho_{\alpha} < \nu$ on a $D_p \varphi_{\alpha} = 0$.

Donc le système absolu $\underset{\nu}{\varphi_{\alpha,p}} = D_p \varphi_{\alpha}$ annule tous les termes pour lesquels $\rho_{\alpha} < \gamma$, et il a été nommé *ricciano* $(\nu + 1)^{\text{ième}}$ de φ; il est évidemment un système à $\nu + 1$ indices de classe 1. Il est aisé en outre de démontrer les théorèmes suivants :

I. *Un terme du* $(\gamma + 1)^{\text{ième}}$ *ricciano de* φ, *qui n'est pas nul, est orthogonal à tous les termes du système* φ_{β} *avec* β *de classe* γ.

II. *Les travaux non nuls du* $(\nu + 1^{\text{ième}})$ *ricciano de* φ *sont orthogonaux à l'espace* σ_{ν} *et ils sont donc paramètres de direction du* $(\nu + 1)^{\text{ième}}$ *espace principal* $\Pi_{\nu+1}$ *qui reste ainsi déterminé.*

III. *La condition nécessaire et suffisante pour qu'une courbe holospatiale soit plongée dans un espace euclidien à n dimensions* (et non dans un espace à $n - 1$ dimensions) *est que dans ses points génériques son* $(n + 1)^{\text{ième}}$ *espace principal* ([2]) *soit nul, et que le* $n^{\text{ième}}$ *ne le soit pas.*

2. Cela posé, on n'a qu'à appliquer ces résultats, suivant nos nouveaux aperçus, au but que nous nous sommes proposé.

Soit donc $y' = \psi(\theta, y)$ l'équation différentielle non linéaire donnée. Elle représentera alors l'*équation* d'une courbe de l'holoespace que l'on considère. Soit en outre

$$y = y_0 + \sum_{i=1}^{i=\infty} \left(\frac{d^i y}{d\theta^i}\right)_{\theta_0, y_0} \frac{(\theta - \theta_0)^i}{i!} = \varphi(\theta, y_0)$$

le développement de Cauchy qui se rapporte à l'intégrale de l'équation envisagée qui, pour $\theta = \theta_0$, acquiert la valeur générique y_0.

([1]) C'est-à-dire qu'il suit la loi de variance absolue.

([2]) Qui, pour se rapporter à une courbe, se réduit à une droite nommée droite principale $(n + 1)^{\text{ième}}$.

Si l'on veut alors que l'équation donnée soit pseudolinéaire d'ordre 2, on parviendra naturellement à la condition

$$\frac{\partial^3 \varphi}{\partial y_0^3} - \sum\nolimits_\gamma \varphi_\gamma \left[\sum\nolimits_\delta \left\{ \int_g \frac{\partial^3 \varphi}{\partial y_0^3} \frac{\partial^5 \varphi}{\partial y_0^5} d\theta \right\} a_2^{\gamma,\delta} \right] \equiv 0,$$

dans laquelle la signification des symboles adoptés est désormais bien connue, et qui, développée, donne

$$\frac{\partial^3 \varphi}{\partial y_0^3} + \varphi_2(y_0) \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y_0^2} + \varphi_1(y_0) \frac{\partial \varphi}{\partial y_0} \equiv 0, \tag{1}$$

avec

$$\varphi_1(y_0) = \frac{1}{\Delta} \left[\int_g \frac{\partial^3 \varphi}{\partial y_0^3} \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y_0^2} d\theta \int_g \frac{\partial \varphi}{\partial y_0} \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y_0^2} d\theta - \int_g \frac{\partial^3 \varphi}{\partial y_0^3} \frac{d\varphi}{\partial y_0} d\theta \int_g \left(\frac{\partial^2 \varphi}{\partial y_0^2} \right)^2 d\theta \right],$$

$$\varphi_2(y_0) = \frac{1}{\Delta} \left[\int_g \frac{\partial^3 \varphi}{\partial y_0^3} \frac{\partial \varphi}{\partial y_0} d\theta \int_g \frac{\partial \varphi}{\partial y_0} \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y_0^2} d\theta - \int_g \frac{\partial^3 \varphi}{\partial y_0^3} \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y_0^2} d\theta \int_g \left(\frac{\partial \varphi}{\partial y_0} \right)^2 d\theta \right]$$

et

$$\Delta = \begin{vmatrix} \int_g \left(\frac{\partial \varphi}{\partial y_0} \right)^2 d\theta & \int_g \frac{\partial \varphi}{\partial y_0} \frac{\partial^2 y}{\partial y_0^2} d\theta \\ \int_g \frac{\partial \varphi}{\partial y_0} \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y_0^2} d\theta & \int_g \left(\frac{\partial^2 \varphi}{\partial y_0^2} \right)^2 d\theta \end{vmatrix}.$$

On peut aussi, évidemment, généraliser la question et l'on peut aussi transformer opportunément la question que l'on vient de donner. Mais nous ne pouvons entrer ici dans ces détails.

ÉLECTRONIQUE. — *Production artificielle de neutrons.* Note de MM. **H. R. Crane, C. C. Lauritsen** et **A. Soltan.**

Mme I. Curie et M. F. Joliot ont réussi récemment [1] à produire des neutrons en bombardant le glucinium avec des particules α d'énergie voisine de 1300000 eV. Ces auteurs ont pu montrer également que la variation du rendement en fonction de l'énergie des particules suit à peu près la théorie de Gamow.

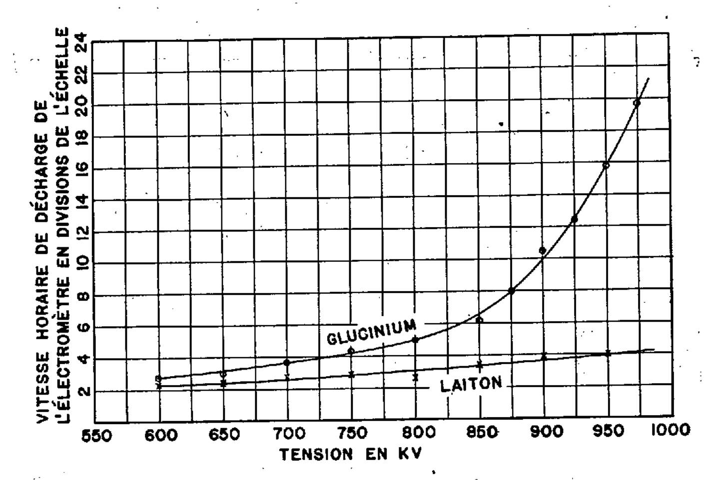
Nous nous sommes proposé de poursuivre l'étude de ce phénomène à des énergies inférieures à 1 000000 eV. Des considérations théoriques ainsi que l'extrapolation des résultats de Mme Curie et M. Joliot permettent de prévoir qu'avec une énergie de 1 000000 eV l'effet est à peu près 10^4 fois

---

(1) *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 397.

plus faible qu'avec des particules α du polonium. Ce facteur devient 10^8 à 750 000 eV et 10^7 à 500 000 eV. Le rendement dans ces conditions étant si faible, la quantité de substances radioactives assurant la possibilité de cette étude n'est pas accessible ; nous avons donc pensé à créer une source artificielle de neutrons en bombardant le glucinium avec des ions d'hélium accélérés par une chute de potentiel convenable. Une intensité de 10 à 100 μA semblait suffisante pour la production de neutrons à des tensions largement inférieures à 1 000 000 volts.

Nous avons construit à cet effet un tube à décharge dont la description détaillée sera publiée sous peu. Il consiste essentiellement en deux isolateurs en porcelaine superposés. Les ions d'hélium formés à l'intérieur



Rendement de désintégration du glucinium par des ions d'hélium en fonction de la tension accélératrice.

d'une électrode subissent deux accélérations successives, l'espace entre les deux isolateurs étant maintenu à une tension égale à la moitié de la tension totale. Le tube est alimenté par quatre transformateurs en série pouvant fournir une tension efficace de 1 000 000 volts. Les ions bombardent une plaque P à deux faces, l'une en glucinium, l'autre en laiton. Par un dispositif convenable, on peut de l'extérieur tourner la plaque de 180°. On évite que les électrons accompagnant la décharge (d'ailleurs en nombre très faible) n'arrivent sur la plaque P en les déviant préalablement à l'aide d'un champ magnétique. On facilite ainsi la protection des appareils de mesure oontre les rayons X. Le rayonnement de la plaque P est décelé par la mesure du courant dans une chambre d'ionisation à parois intérieures

recouvertes de paraffine et contenant un électromètre de construction spéciale. L'ensemble est enfermé dans une boîte en plomb à parois de 5cm d'épaisseur.

Nous avons fait une série de mesures, de 1 heure chacune, en bombardant les deux faces de la plaque P à des tensions de 600 000 à 975 000 volts avec un courant de 10 μA; les courbes ci-contre figurent les résultats.

La différence des lectures pour le glucinium et le laiton donne les courants d'ionisation dus aux neutrons et, en partie, aux rayons γ qui les accompagnent. En absence de tout rayonnement l'équipage de l'électromètre se déplace de 2,4 divisions par heure. On constate au delà de 700 000 volts la présence d'un faible rayonnement X produit par les électrons déviés et bombardant les parois du tube. Afin de nous assurer si le mouvement de l'électromètre, quand on bombarde le glucinium, n'est pas dû exclusivement à l'excitation d'un rayonnement γ de cet élément, nous avons fait également des mesures avec une chambre d'ionisation à parois non recouvertes de paraffine. La sensibilité de la chambre augmente alors pour les rayons X et γ, mais elle diminue pour les neutrons. La vitesse de décharge de l'électromètre, lorsqu'on bombardait le glucinium à une tension de 850 000 volts, était seulement de 20 pour 100 plus élevée que celle dans le cas du laiton. En la comparant avec les valeurs correspondantes de la figure, on voit que l'ionisation par les rayons γ, s'ils existent, est beaucoup plus faible que celle produite par les neutrons.

Nous avons indiqué sur la figure les valeurs maxima d'une tension sinusoïdale. Des mesures de la distribution des vitesses des ions ont montré que ce sont les ions les plus rapides qui, pour une tension donnée, sont les plus nombreux. D'autre part, ce sont eux qui sont les plus efficaces. La courbe d'intensité du rayonnement du glucinium nous semble donc donner au moins l'ordre de grandeur des valeurs relatives du rendement de la production des neutrons pour différentes énergies des particules excitatrices.

A une tension de 950 000 volts et avec un courant d'ions de 30 μA, ce qui est facilement accessible, le tube que nous venons de construire constitue une source de neutrons de beaucoup plus intense que les sources Po + Be actuellement employées.

PHOTOGRAPHIE. — *Sur l'influence de l'ouverture des faisceaux utilisés dans la mesure des densités photographiques.* Note (¹) de M. **G.-A. Boutry**, transmise par M. Ch. Fabry.

Les émulsions photographiques étant des milieux troubles, on sait qu'il importe, dans la mesure des densités optiques sur des clichés sensitométriques, de définir étroitement la façon dont on éclaire la plaque étudiée et dont on reprend la lumière transmise par elle. Les résultats obtenus diffèrent largement d'un mode opératoire à un autre. On considère souvent dans les traités de sensitométrie trois définitions de la densité photographique : densité en lumière parallèle, densité en lumière diffuse, densité efficace (²). Aucun dispositif expérimental actuellement en usage ne permet de faire des mesures dans des conditions correspondant rigoureusement à ces définitions; bien souvent, d'ailleurs, les ouvertures des faisceaux lumineux incidents sur la plaque et émergents d'elle sont mal définies.

Afin de se rendre compte de l'ordre de grandeur des incertitudes qui s'introduisent de ce fait dans les mesures, nous avons utilisé le densitomètre de précision déjà décrit dans une précédente Note (³), muni d'un objectif d'ouverture réglable entre 0,012 et 3,74 stéradians (6° à 132° d'ouverture angulaire totale). Sur une série de cinq émulsions, nous avons effectué deux groupes de déterminations :

A. Le faisceau incident sur la plaque est un pinceau normal très étroit (ouverture 0,012 stéradian). L'ouverture de l'objectif de sortie varie de 0,012 à 3,74 stéradians en passant par 12 valeurs intermédiaires; la densité apparente de chaque plage étudiée est mesurée pour chaque ouverture.

B. L'objectif de sortie ne reprend, derrière la plaque, qu'un pinceau normal et étroit (ouverture 0,012 stéradian). L'objectif d'entrée envoie sur la plaque un faisceau dont l'ouverture augmente de 0,012 à 0,8 stéradian, en passant par huit valeurs intermédiaires : la densité de chaque plage étudiée est mesurée dans chaque cas. Les résultats de cette série sont

---

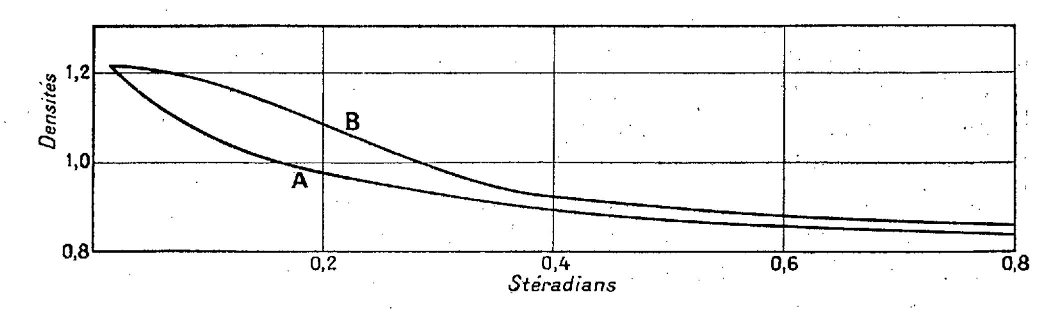
(¹) Séance du 11 septembre 1933.

(²) Voir par exemple G. Moreau, *La sensitométrie photographique et ses applications*, p. 19, Paris, 1928.

(³) G.-A. Boutry, *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1101.

complétés par une mesure faite en superposant à la plaque étudiée, du côté des rayons incidents, un verre opale massif de 1^{mm} d'épaisseur, dépoli sur les deux faces; le verre choisi étant très près d'être parfaitement diffusant, on a admis que l'ouverture du faisceau incident était alors voisine de 2π stéradians.

Résultats. — Le graphique ci-dessous en donne un exemple partiel.



A. Pour de faibles ouvertures, la densité mesurée décroît vite quand l'ouverture du faisceau sortant augmente. La courbe a une allure hyperbolique, en sorte qu'aux grandes ouvertures, la densité ne décroît plus que très lentement et suivant une loi quasi linéaire. Si l'on trace, à partir de ces résultats, l'indicatrice de diffusion de la plaque à l'incidence normale, on constate que l'émulsion ne diffuse pratiquement plus de lumière au delà de l'émergence 60°.

B. La loi de variation avec l'ouverture du faisceau incident est d'allure différente. Plus lentement décroissante aux faibles ouvertures, la densité mesurée subit une chute assez rapide pour des ouvertures de l'ordre de 0,2 stéradian ; au delà de 0,6 stéradian, la décroissance prend une allure linéaire. Les valeurs limites trouvées sont toujours un peu supérieures à celles que l'on obtenait avec le mode opératoire A. Les courbes B ont en général tous leurs points au-dessus des courbes A correspondantes.

Ces résultats expliquent pourquoi deux densitomètres, utilisant des objectifs d'ouvertures petites et différentes ne peuvent donner de résultats comparables. Ils montrent aussi qu'il n'est pas nécessaire, pour approcher la densité efficace ou la densité en lumière diffuse, d'utiliser une sphère d'intégration ou un verre opale, procédés qui entraînent une perte de lumière, diminuant ainsi la portée des mesures; l'emploi d'objectifs d'ouverture suffisante est bien plus commode; il augmente au contraire la sensibilité et la portée des déterminations.

RAYONS X. — *Émission X caractéristique d'éléments à l'état gazeux. Spectre K du xénon (émission et absorption).* Note (¹) de M. **H. Hulubei** et Mlle **Y. Cauchois**, transmise par M. Jean Perrin.

Comme suite à l'étude de l'émission X des gaz et des vapeurs que nous avons entreprise, nous avons analysé le spectre K caractéristique du xénon.

Les conditions expérimentales ont été analogues à celles déjà décrites, pour l'émission K du krypton, dans notre première Note (²). Le montage a été modifié dans quelques détails pour que nous puissions réaliser l'expérience avec un volume total de gaz plus petit que précédemment, et disposer d'un faisceau d'électrons plus intense et plus rapide à son entrée dans le gaz, malgré l'épaisseur des fenêtres d'aluminium (ici $0^{mm},02$ chacune). L'excitation du niveau K du xénon exige environ 35 kV, soit à peu près deux fois et demie la tension nécessaire pour le krypton.

Le tube de Lenard a fonctionné sous 125 kV, consommant en régime une puissance de 1 kilowatt. Nous estimons que les électrons excitateurs avaient, au niveau d'observation du rayonnement X émis, une vitesse globale de l'ordre de 50 kV.

Le gaz était contenu, à la pression de 4^{cm} de mercure, dans un petit récipient en duraluminium, fermé par une mince fenêtre d'aluminium, et dont le volume total est d'environ 120^{cm^3} (³). La sortie du rayonnement X se faisait à travers une fenêtre de 4^{cm} sur 1^{cm}, obturée par une lame de mica de $0^{mm},1$ d'épaisseur.

Nous avons obtenu le spectre K normal du xénon, à l'aide d'une lame de mica, dans les trois premiers ordres de réflexion, après quelques heures de pose sur l'une des émulsions photographiques d'un « Laue film Agfa »; les dispersions sont, dans ces ordres, 24, 12 et 8 U.X. par millimètre, respectivement.

Les figures *a* et *b* reproduisent deux des clichés originaux.

Les longueurs d'onde des quatre raies principales du spectre K du xénon ont été mesurées par rapport à celles des raies Kα du cérium, du lanthane, du cæsium et de l'iode, dues à l'émission de couches minces de cérium et de

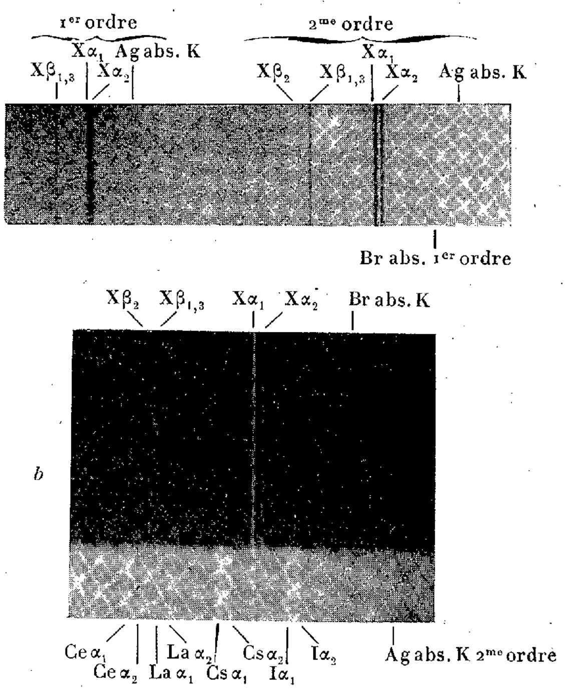
(¹) Séance du 28 août 1933.

(²) *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1590.

(³) Le xénon qui nous a servi pour ces expériences nous a été offert par M. Georges Claude.

lanthane métalliques, de sulfate de cæsium et d'iodure de potassium, substituées au réservoir à gaz, excitée à l'air libre par les électrons sortant du tube de Lenard. Les valeurs adoptées pour ces quatre raies de référence sont celles choisies par M. Siegbahn dans son Traité (¹). Les résultats des mesures figurent dans le tableau ci-dessous.

Absorption K *du xénon.* — Nous avons, d'autre part, déterminé la posi-



a, Spectre K caractéristique du xénon dans le premier et le deuxième ordre. On remarque sa position par rapport aux discontinuités d'absorption K du brome et de l'argent.
b, Spectre d'émission K du xénon (Spectre de référence : les émissions K de Ce, La, Cs et I).

tion spectrale de la discontinuité d'absorption K du xénon, élément pour lequel le traité de M. Siegbahn ne contient aucune indication.

L'absorption se faisait à travers 36^{mm} de xénon à la pression atmosphérique, contenu simplement dans le vase en verre pyrex dans lequel il nous avait été livré. La discontinuité a été identifiée par rapport aux spectres d'absorption K de l'iode et du baryum, et sa longueur d'onde mesurée, dans le deuxième ordre, successivement par rapport aux doublets α du cérium (deuxième ordre) et du molybdène (premier ordre). La valeur

(¹) M. Siegbahn, *Spektroskopie der Röntgenstrahlen*, 2te Aufl., p. 185.

obtenue se trouve également dans le tableau. Celui-ci contient en outre l'énergie des niveaux L_{II}, L_{III}, M_{III} et $N_{II,III}$ exprimée en ν/R et $\sqrt{\nu/R}$, et déduites de nos mesures (discontinuité d'absorption K et raies K d'émission).

54 X [1].	$\lambda_{U.X.}$	$\frac{\nu}{R}$.	$\sqrt{\frac{\nu}{R}}$.
Résultats des mesures.			
K_{α_2}	419,58	2171,86	46,603
K_{α_1}	415,12	2195,19	46,853
K_{β_1}	367,72	2478,16	49,781
K_{β_2}	359,16	2537,22	50,371
Absorption K	357,77	2547,08	50,469
Valeurs des niveaux déduites de nos mesures.			
L_{II}	—	375,24	19,37
L_{III}	—	351,89	18,76
M_{III}	—	68,92	8,30
$N_{II,III}$	—	9,84	3,14

Les mesures des longueurs d'onde ont été faites pour α_2, α_1 et β_1 à environ 0,08 U. X., pour β_2 à 0,15 U. X. et pour la discontinuité d'absorption à 0,1 U. X. près.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Méthode de dosage colorimétrique de l'hydrogène sulfuré, des sulfures et des hyposulfites.* Note de M. **André Giberton**, présentée par M. A. Desgrez.

Dans certains cas, la méthode iodométrique n'est pas applicable au dosage de SH^2, des sulfures et des hyposulfites, à cause d'une insensibilité insuffisante ou par suite de la présence de corps agissant sur l'iode. C'est pourquoi nous avons pensé qu'une méthode de dosage colorimétrique de SH^2, des sulfures et hyposulfites, pourrait recevoir des applications importantes.

Nous exposerons d'abord le principe de notre méthode de dosage des hyposulfites. C'est, en effet, grâce à cette méthode que le dosage colorimétrique de SH^2 et des sulfures a pu être rendu pratique.

(1) A. Dauvillier (*Comptes rendus*, **191**, 1930, p. 937) a donné les valeurs moyennes : $K\alpha = 417$, $K\beta = 360$ U.X. à quelques unités X près.

Dosage des hyposulfites. — On sait que les solutions d'hyposulfite de sodium réagissent sur les sels d'argent solubles en formant de l'hyposulfite d'argent instable, qui se décompose en donnant du sulfure d'argent

$$S^2O^3Na^2 + 2NO^3Ag = S^2O^3Ag^2 + 2NO^3Na,$$
$$S^2O^3Ag^2 + H^2O = SO^4H^2 + SAg^2.$$

Dans les solutions diluées, cette réaction se fait rapidement, à froid et d'une manière quantitative.

On obtient donc à l'état de sulfure d'Ag la moitié du soufre qui existait à l'état d'hyposulfite. Le précipité de sulfure, rassemblé par un artifice convenable, peut être dissous dans un petit volume d'une solution concentrée de cyanure de K ou de Na, par suite de la formation d'un complexe argento-cyanhydrique. Dans cette solution l'argent est dissimulé à ses réactifs habituels, au contraire l'ion S^{--} ne l'est pas. On peut le précipiter, à l'état de sulfure de Pb, au moyen d'un réactif au plombite de sodium. Il n'y a aucune précipitation simultanée de cyanure de Pb, car, dans le plombite de sodium, le plomb est dissimulé vis-à-vis de l'ion $(CN)^-$.

Pour obtenir un précipité colloïdal de sulfure de Pb, il convient d'opérer en présence d'un colloïde protecteur, la gélatine. On obtient un liquide d'une coloration brune qui se prête bien aux comparaisons colorimétriques. Il suffit donc d'opérer la suite des réactions indiquées, sur une quantité connue d'une liqueur titrée d'hyposulfite de sodium, pour avoir un étalon, dont la préparation extemporanée est très facile. On opère de même avec la solution inconnue et l'on effectue la comparaison avec la solution étalon par une des techniques habituelles de la colorimétrie. Toutefois, celle qui consiste à préparer d'avance une échelle étalonnée ne convient pas, car les teintes se décolorent peu à peu une dizaine de minutes après la préparation.

Nous avons vérifié que la loi de la colorimétrie est applicable dans le cas de notre méthode, à condition que l'intensité de la coloration ne soit pas trop grande.

Des dosages corrects peuvent être effectués sur des prises d'essai de l'ordre d'un dixième de milligramme d'hyposulfite de sodium.

Dosage de l'hydrogène sulfuré et des sulfures. — La formation de sulfure de Pb colloïdal a déjà été utilisée pour le dosage colorimétrique de SH^2 et des sulfures, notamment par MM. H. Ter Meulen et J. Heslinga (1). Ce dosage présentait cependant jusqu'ici un inconvénient sérieux, par suite de

---

(1) *Nouvelles méthodes d'analyse chimique organique*, Dunod éditeur, Paris 1932.

la conservation difficile des solutions étalons de sulfures. Avec notre procédé, il devient inutile de préparer à l'avance une solution titrée de sulfure. En effet, il permet d'obtenir, au moment de l'emploi, en moins d'une minute, une petite quantité d'une solution de sulfure du titre voulu. La décomposition par le nitrate d'argent d'un volume mesuré d'hyposulfite titré fournit une quantité de sulfure d'Ag correspondant exactement à la moitié du soufre de l'hyposulfite. La mise en solution de ce sulfure d'Ag, par le cyanure de K ou de Na, donne une liqueur qui se comporte, vis-à-vis du plombite de sodium, comme une solution de sulfure alcalin. En y ajoutant un volume égal d'une solution de gélatine et quelques gouttes de réactif au plombite de sodium, on obtient une coloration brune qui peut être comparée colorimétriquement avec une coloration analogue produite à partir d'une solution inconnue de SH^2 ou de sulfure. Quelques centièmes de milligramme de SH^2 donnent encore une teinte nette.

Les détails de technique et les précautions à prendre dans la préparation des réactifs seront publiés ailleurs. Notons seulement que nous avons mis au point un procédé pratique pour obvier à l'altération bien connue des solutions concentrées de cyanures alcalins.

Applications. — Parmi les applications de notre méthode, citons : le dosage de petites quantités d'hyposulfites en présence de sulfites, de sulfures, ou dans un liquide contenant des matières organiques tel que l'urine; le dosage de traces de SH^2 dans une atmosphère gazeuse, dans certaines eaux naturelles ou certaines eaux résiduaires; le dosage des sulfures attaquables par les acides et le dosage du soufre dans les matières organiques, après transformation en SH^2 par les méthodes d'hydrogénation de H. Ter Meulen et J. Heslinga [1].

CHIMIE ORGANIQUE. — *Obtention de quelques éthers-sels de la chlorhydrine sulfurique ou de l'acide sulfurique*. Note de M. **R. Levaillant**, présentée par M. G. Urbain.

I. J'ai indiqué [2] comment le chlore ou le chlorure de sulfuryle, agissant à froid sur les éthers neutres de l'acide sulfureux, engendrent les éthers chlorosulfoniques. Voici trois nouveaux exemples de cette réaction :

---

[1] *Op. cit.*

[2] *Comptes rendus*, **189**, 1929, p. 465, et **190**, 1930, p. 55.

1° 97g de sulfite dibutylique normal $SO^3(CH^2.CH^2.CH^2.CH^3)^2$, entourés d'un mélange de glace et de sel, ont été traités par un courant de chlore. Une distillation dans le vide a ensuite fourni 83g,5 de chlorosulfonate de butyle normal. Rendement 96 pour 100.

2° A du sulfite de dichloro-2.3-propyle $SO^3(CH^2.CHCl.CH^2Cl)^2$, dissous dans son volume de tétrachlorure de carbone, ajoutons une parcelle d'iode (catalyseur). L'action du chlore sur ce liquide se manifeste bientôt par un échauffement, et il y a lieu de l'effectuer dans la glace. En distillant ensuite dans le vide on recueille d'abord de la trichlorhydrine $CH^2Cl.CHCl.CH^2Cl$, puis du chlorosulfonate de dichloro-2.3-propyle $ClSO^3CH^2CHCl.CH^2Cl$. Rendement 90 pour 100.

3° 45g de sulfite neutre de β-brométhyle $SO^3(CH^2.CH^2Br)^2$, entourés de glace, ont été additionnés de 21g de chlorure de sulfuryle. On a laissé le système revenir à la température ordinaire, et du gaz sulfureux s'est dégagé. 27g,5 de chlorosulfonate de β-brométhyle $ClSO^3CH^2.CH^2Br$ sont passés à la distillation sous pression réduite. Rendement 81 pour 100. Ce chlorosulfonate bout à 103°-106° sous 20mm; on a trouvé 34,32 pour sa réfraction moléculaire (raie D), et calculé 34,35 à partir de la réfraction moléculaire expérimentale 31,45 du chlorosulfonate de β-chloréthyle $ClSO^3CH^2.CH^2Cl$.

II. J'ai indiqué précédemment [1] comment les éthers chlorosulfoniques peuvent engendrer les éthers neutres de l'acide sulfurique. En voici de nouveaux exemples.

Obtention du sulfate symétrique de propyle normal $SO^4(CH^2.CH^2.CH^3)^2$:

1° *A partir de l'orthoformiate de propyle normal :*

$$HC(OC^3H^7)^3 + ClSO^3C^3H^7 = HCO^2C^3H^7 + C^3H^7Cl + SO^4(C^3H^7)^2.$$

Dans l'orthoformiate d'abord chauffé vers 80°, on fait tomber, en une heure environ, la quantité équimoléculaire de chlorosulfonate de propyle. Cette addition, qui produit un dégagement de chaleur, est réglée de manière que la température du mélange se maintienne entre 85 et 95°. On chauffe enfin une demi-heure à 100°-105°. Un liquide (chlorure et formiate de propyle) distille pendant ce temps.

Le liquide noir résultant de l'opération est agité avec de l'eau, puis, après addition de tétrachlorure de carbone ou d'éther, décanté sur chlorure de calcium ou sulfate de soude. Une distillation dans le vide fournit le sul-

---

(1) *Comptes rendus*, **189**, 1929, p. 466, et **195**, 1932, p. 883.

fate dipropylique qui passe à 110° sous 13mm. Rendement 65 à 70 pour 100.

L'orthoformiate tripropylique $HC(O.CH^2.CH^2.CH^3)^3$ est un liquide incolore; il bout à 82°-84° sous 12mm; $d_0^0 = 0,896$; $d_0^{12°} = 0,886$; $n_D^{12°} = 1,411$. Réfraction moléculaire expérimentale 53,29 (raie D); théorique 53,31.

2° *A partir du sulfite neutre de propyle normal :*

$$SO^3(C^3H^7)^2 + ClSO^3C^3H^7 = C^3H^7Cl + SO^2 + SO^4(C^3H^7)^2.$$

On ajoute au sulfite un fragment de chlorure de zinc anhydre qui facilite l'action. Le chlorosulfonate est versé peu à peu dans le sulfite maintenu à 80°-90°. On termine en chauffant une demi-heure à 100°, la durée totale du chauffage étant de l'ordre de 5 heures. Le liquide noir obtenu est traité comme dans le cas précédent (1°). Rendement 55 à 60 pour 100.

III. *Sulfate symétrique de butyle normal* $SO^4(CH^2.CH^2.CH^2.CH^3)^2$. — C'est un liquide incolore qui bout à 103°-105° sous 1mm,5 environ, ou vers 117° sous 3mm,5 environ. $d_0^0 = 1,080$; $d_0^{13°} = 1,069$; $n_D^{13°} = 1,425$. Réfraction moléculaire expérimentale 50,27 (raie D); théorique, 50,23 à partir du chiffre 31,75 relatif au sulfate diéthylique.

1° *Obtention à partir de l'orthoformiate de butyle normal.* — On chauffe à 70-80° pendant quelques heures un mélange équimoléculaire de chlorosulfonate $ClSO^3CH^2.CH^2.CH^2.CH^3$ et d'orthoformiate $HC(O.CH^2.CH^2.CH^2.CH^3)^3$. Le produit obtenu est traité comme dans la préparation du sulfate dipropylique. Rendement en sulfate dibutylique 55 pour 100.

L'orthoformiate tributylique bout à 121-122° sous 12 à 13mm. $d_0^0 = 0,888$; $d_0^{12°} = 0,878$; $n_D^{12°} = 1,422$. Réfraction moléculaire expérimentale 67,20 (raie D); théorique 67,16.

2° *Obtention à partir du sulfite neutre de butyle normal.* — On maintient à 80° pendant 5 heures un mélange équimoléculaire de chlorosulfonate $ClSO^3CH^2.CH^2.CH^2.CH^3$ et de sulfite $SO^3(CH^2.CH^2.CH^2.CH^3)^2$, avec un fragment de chlorure de zinc. Après agitation avec de l'eau, addition de tétrachlorure, séchage sur sulfate de soude, on procède à la distillation. Rendement 70 pour 100 environ.

IV. *Sulfate symétrique de chloro-3-propyle* $SO^4(CH^2.CH^2.CH^2.Cl)^2$.

Dans un mélange de 47g,5 de sulfite $SO^3(CH^2.CH^2.CH^2Cl)^2$ et de 38g de chlorosulfonate $ClSO^3CH^2.CH^2.CH^2Cl$, on a introduit un fragment de chlorure de zinc. On a ensuite chauffé progressivement pendant 4 heures de 110° à 150°. (Dégagement de gaz sulfureux.) Une distillation dans le vide de la trompe à eau, en chauffant

vers 50°-60°, a fourni du chlorure de triméthylène $CH^2Cl.CH^2.CH^2Cl$. Le liquide résiduel a été, après refroidissement, agité avec de l'eau, additionné de tétrachlorure, et séché sur sulfate de soude. On a finalement obtenu par distillation 40g de sulfate neutre de chloro-3-propyle. Rendement : 81 pour 100.

Ce sulfate est un liquide incolore à très légère odeur d'olive. Il bout à 160°-162° sous 4mm environ (163°-165° corr.) : $d_0^0 = 1,389$; $d_0^{25°} = 1,363$; $n_D^{25°} = 1,460$. Réfraction moléculaire expérimentale 50,45 (raie D); théorique 50,72 à partir du sulfate diéthylique. Analyse : S trouvé, 12,82 pour 100; théorique, 12,77; Cl trouvé, 20,26 pour 100; théorique, 28,24.

GÉOLOGIE. — *Sur la présence de roches intrusives alcalines dans la zone charriée néotriasique des plateaux calcaires du Tonkin occidental.* Note [1] de M. **Jacques Fromaget**.

La zone charriée néotriasique contient dans la partie qui s'étend transversalement entre Binh Lu et Laichau, une série intrusive alcaline [2] : granites hyperalcalins, nordmarkites, syénites, microsyénites et shonkinites, avec minettes, tinguaïtes, etc., auxquels s'associent des coulées de trachytes accompagnés de tufs.

Ces roches, en général fraîches et non écrasées, n'étaient pas connues en Indochine en dehors de la petite montagne du Khao Poum explorée par L. Dussault et qui renferme certaines d'entre elles. Leur existence n'a, d'ailleurs, encore été mise en évidence que sur une distance Nord-Ouest, Sud-Est de 100km environ entre Ban Nam Cuong à la frontière chinoise et Khao Poum. A part quelques affleurements isolés, elles constituent cinq noyaux principaux qui sont, en allant vers le Nord-Ouest : le Khao Poum, Thin Pa Chai sur le plateau de Sin-Tiai, Ban Nam Cai Méo, la région Sin Cao-Tu Ko Pin et le plateau de Pin Chai-Pu To. Dans ces différents points ces roches se situent de la façon suivante :

I. Dans le Khao Poum ce sont des syénites normales passant à des syénites calco-alcalines. Elles affleurent au milieu du Trias schisteux plissé, inférieur aux poudingues calcaires du Norien. Des amphibolites et aussi des quartzites micacés qui se voient aux environs immédiats indiquent la présence du substratum cristallin à une faible profondeur. Par leur position

(1) Séance du 28 août 1933.

(2) Je dois la détermination de ces roches à M. A. Lacroix (voir p. 625 ci-dessus).

ces syénites donnent l'impression d'un laccolite dont l'intumescence se serait produite brusquement au sein de la masse relativement plastique des schistes et des grès triasiques. L. Dussault considère le Khao Poum comme un remplissage de cheminée [1].

II. A Thin Pa Chai des minettes recoupent à l'emporte-pièce des porphyrites et des schistes du Trias, au plus carniens, sans pénétrer dans les poudingues noriens qui constituent ici le substratum des nappes calcaires.

III. Les roches provenant de la région de B. Nam Cai Meo, minettes, tinguaïtes et trachytes à biotite forment des galets ou de gros blocs roulés par des torrents descendant du versant ouest de Phou San Cap, montagne entièrement constituée par du Norien dont le terrain rouge et les poudingues masquent toutes les autres formations, y compris probablement ces roches alcalines.

IV. La série Sin Cao-Tu Ko Pin affleure entre le Phou Sam Cap, à l'Ouest et Binh Lu, à l'Est, sous la nappe néotriasique qu'elle paraît avoir légèrement métamorphosée. Dans cette région, les roches qui affleurent l'axe de la nappe sont grenues : granites alcalins, syénites, minettes; ou plus rarement microgrenues ou microlitiques : microsyénites et trachytes; alors que celles qui s'observent sur les bords de ladite nappe sont, à part quelques roches filoniennes (absarokite, etc.), surtout composées de produits de coulées et de projection : trachytes et tufs. Cette série est également recouverte par les poudingues noriens du Phou Sam Cap, contemporains des phénomènes de charriage; elle repose en outre sur du Trias schisteux ou gréseux plus ancien, déjà vu précédemment, qui paraît constituer le substratum des nappes; elle serait donc encore ici intercalée à la façon d'un laccolithe dans l'édifice plissé néotriasique; sa formation se serait développée entre, d'une part, les nappes dont la mise en place n'était pas encore achevée (syénite hololeucocrate écrasée du col de Na Keu-Khoa Y Ho), et de l'autre, le matériel relativement compressible des schistes triasiques.

V. Le groupe de Pin Chai-Pu To qui supporte également la nappe néotriasique paraît se placer entre un substratum cristallin avec amphibolites et le Trias schisto-gréseux de la bordure Nord et Est du géosynclinal de Laichau. Sur un diamètre qui ne dépasse pas 3^{km} pour les roches grenues, il comprend : des granites hyperalcalins qui ont marmorisé les calcaires charriés, la shonkinite de Pu To, roche qui voisine avec une microsyénite

(1) *Bull. Serv. Géol. Indochine*, **10**, II, 1921, p. 34.

paraissant représenter un faciès de bordure. Dans cette région, des trachytes et leurs tufs reposent sur les poudingues calcaires du terrain rouge norien, lui-même recouvert par la nappe.

En résumé, toutes ces intrusions alcalines sont montées à la même époque, elles sont en grande partie postérieures à l'arrivée des nappes, mais en général elles ne se sont pas consolidées avant la mise en place définitive de celles-ci.

Le substratum cristallin de toute la région dont il est question ici appartient au môle de la Rivière Noire ([1]), terminaison septentrionale de l'Indosinia ([2]). Il est constitué, au moins en grande partie, par des orthogneiss alcalins souvent à amphibole et pyroxène sodiques, c'est-à-dire de composition chimique apparentée à celle de la série syntectonique des mouvements néotriasiques. Aussi semble-t-il raisonnable d'admettre que ces intrusions syntectoniques sont des remontées de magma alcalin provenant de la fusion de la base du socle continental de la Rivière Noire, remontée qui se serait faite à la faveur de cassures produites dans ce horst, par sa rupture sous la poussée de plus en plus pressante que les deux mâchoires, également cristallines du Haut-Laos et du Haut-Tonkin, exerçaient sur lui.

MAGNÉTISME TERRESTRE. — *Contribution à la caractérisation de l'agitation magnétique.* Note ([3]) de Mme **Y. Labrouste**, présentée par M. Ch. Maurain.

Divers procédés de caractérisation des jours agités au point de vue magnétique ont été proposés. Les uns consistent à apprécier le degré d'agitation d'après l'aspect des courbes enregistrées et à caractériser chaque jour par un nombre, conformément à certaines conventions (échelle internationale à 3 degrés, échelle à 7 degrés employée au Val-Joyeux). Les autres se proposent une représentation plus précise à l'aide de mesures effectuées sur les courbes (par exemple, la caractérisation numérique inter-

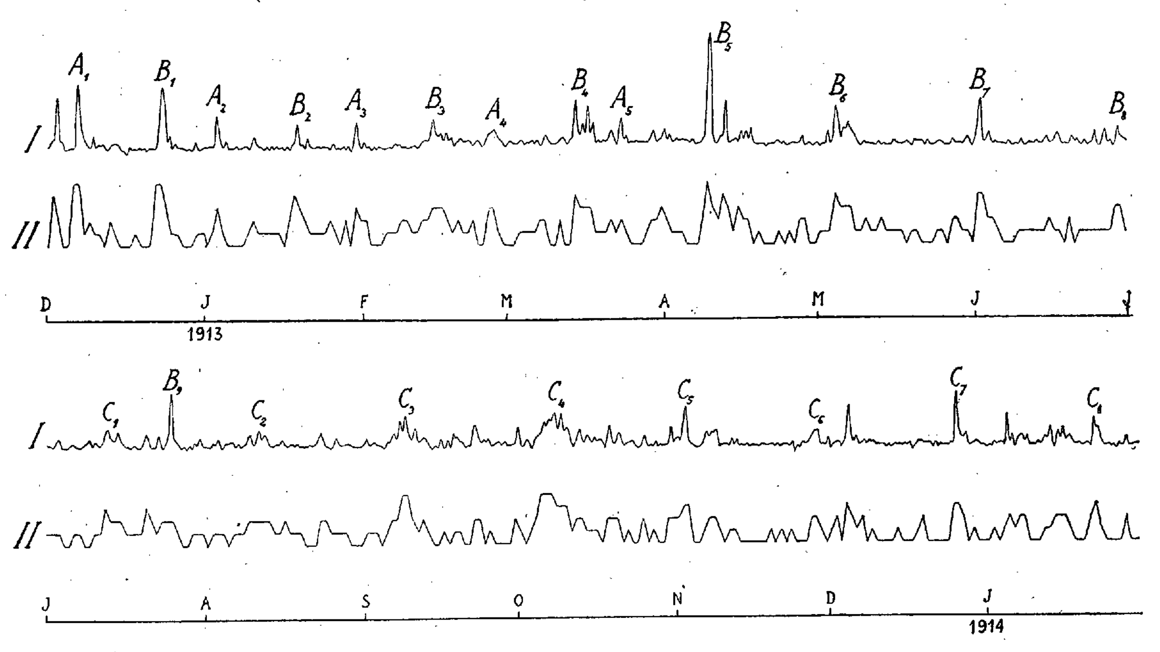
---

([1]) J. Fromaget et E. Saurin, (*Livre jubilaire de la Société géologique de France*, 1930, p. 967.

([2]) J. Fromaget, *Bull. Serv. géol. Indochine*, 18, v, 1929; *Observations et réflexions sur la Géologie stratigraphique et structurale de l'Indochine* [*Note présentée au XVIe Congrès géologique international à Washington*, 1933 (en cours)].

([3]) Séance du 11 septembre 1933.

nationale utilise les valeurs de $HR_H + ZR_Z/10000$, H et Z étant respectivement les composantes horizontale et verticale du champ, R_H et R_Z leurs amplitudes diurnes absolues). Ces dernières méthodes ont l'avantage de fournir pour les différents observatoires du globe des résultats comparables entre eux, mais l'obtention de l'agitation exempte des variations périodiques ainsi que le calcul d'une valeur suffisamment correcte de la première nécessitent généralement des déterminations laborieuses dont l'emploi reste limité (le calcul de $HR_H + ZR_Z/10000$ introduit, dans la valeur de



l'agitation, les variations périodiques qui se manifestent notamment par une variation saisonnière, avec maximum en été et minimum en hiver des valeurs correspondant aux jours calmes).

Il a semblé que la longueur, mesurée au curvimètre, des courbes enregistrées, jour après jour, pourrait fournir un moyen assez rapide de caractérisation, permettant de représenter l'agitation d'un élément magnétique donné avec plus de finesse que les échelles mentionnées ci-dessus. Dans ce procédé, toutes les sinuosités à pente accentuée fournissent un appoint notable à la longueur de la courbe tandis que les variations lentes n'ont pas d'effet sensible. Il en résulte une élimination presque complète des variations périodiques (diurne, semi-diurne...) et par conséquent un moyen commode d'étudier, en un lieu donné, les variations au cours du temps de l'agitation

dans les différents éléments magnétiques (la comparaison entre divers observatoires n'est possible que si les appareils d'enregistrement sont identiques).

A titre d'exemple, nous donnons deux graphiques utilisant les inscriptions du Val-Joyeux de décembre 1912 à février 1914 et représentant, l'un (I) les longueurs mesurées de 12 en 12 heures sur la courbe de la déclinaison et l'autre (II), les degrés de l'échelle du Val-Joyeux. L'aspect de ces courbes est assez différent ; en particulier, le retour périodique, de 27 en 27 jours environ, des maxima d'agitation, phénomène déjà signalé par d'autres auteurs [1], apparaît à première vue sur la courbe I tandis qu'il est moins évident sur la deuxième. On remarque notamment, sur la première, l'enchevêtrement de diverses séries de maxima, désignées respectivement par A, B, C. Certains de ces maxima périodiques ne correspondent à aucune tache solaire visible (par exemple, l'indice de Wolf et Wolfer est égal à zéro du 8 avril au 6 juillet, période qui contient les maxima B_6, B_7 et B_8).

EMBRYOGÉNIE. — *Mosaïque, régulation, épigenèse.* Note [2] de M. **Paul Wintrebert**, transmise par M. Charles Gravier.

Les œufs des animaux sont actuellement classés, d'après leur développement, en : 1° œufs en mosaïque (Ascidiens, Nématodes, Cténophores, Annélides, Mollusques); 2° œufs intermédiaires (Amphibiens); 3° œufs régulateurs (Méduses, Échinodermes, Némertes, Téléostéens), suivant que la potentialité totale de leurs blastomères dépasse peu, assez ou beaucoup, leur potentialité réelle. Le principe de ce classement laisse en marge l'épigenèse. Elle n'est certes pas niée; elle ne peut l'être; mais elle n'intervient que pour indiquer l'évolution d'ébauches préétablies et faire de l'ontogenèse une « mosaïque évolutive ». Mosaïque et régulation sont deux termes qui s'opposent; mais cette opposition n'est, pour les préformistes, que momentanée et se réduit à une simple différence chronologique. « Tout œuf capable de régulation, si grande qu'elle puisse être, prend donc finalement les caractères d'une mosaïque », conclut A. Brachet [3].

---

[1] V. A. Kostitzin, *Ann. de l'Inst. de Phys. du globe de Paris*, **8**, 1930, p. 96; J. Bartels, *Terr. Magn. and Atm. Electricity*, **37**, 1932, p. 1.

[2] Séance du 18 octobre 1933.

[3] *L'œuf et les facteurs de l'ontogenèse*, p. 328, Douin et Cie, 2e édit., 1931.

La question ainsi résolue est mal posée. Le dilemme, établi entre la mosaïque et la régulation, néglige l'épigenèse, comme mode fondamental du développement, et, seule, celle-ci contredit la mosaïque. La régulation n'est la contre-partie, la négation du préformisme que pour les stades qu'il ne peut expliquer; c'est un antipréformisme d'occasion, d'attente; ce n'est pas une doctrine. Les partisans des localisations germinales prédéterminées ont eu vite fait d'en venir à bout, grâce à un vocabulaire théorique, imaginé pour les besoins de la cause et pourtant d'un usage courant aujourd'hui (potentialités totales, détermination labile, ébauches présomptives, etc.). Ils ont ainsi converti la régulation en un préformisme latent, à retardement. Pourtant, le changement de potentialités qu'ils accordent aux blastomères est incompatible avec leur prédestination. Il ne s'appuye, en outre, sur aucun caractère objectif et repose sur une erreur de jugement qui prend l'effet pour la cause. Les « plasmes de réserves », récemment imaginés par A. Dalcq (¹), sont du même ordre spéculatif.

L'épigenèse ne se paye pas de mots; elle n'organise pas l'inconnu; elle reste au contact des faits; ses hypothèses ne dépassent pas le cadre d'une fonction. Elle montre (²) que l'ontogenèse est un enchaînement d'épisodes constitutionnels dont chacun présente une évolution anatomo-physiologique propre. Elle exige, avant toute intervention, l'observation minutieuse de l'œuf vivant et des coupes microscopiques, entreprise à l'aide du procédé remarquable des marques colorées de Vogt et de la conservation des colorants vitaux sur les embryons fixés. Elle ne s'aventure pas sur un domaine au préalable inexploré, ou mal connu, et se garde des expériences aveugles qui prétendent établir un lien direct entre une lésion précoce et ses conséquences éloignées (Fankhauser; Pasteels) (³). Rejetant le dualisme et la mutation fonctionnelle des blastomères, au gré des circonstances, elle établit qu'après une opération, la suite du développement dépend essentiellement de la manière plus ou moins complète dont la fonction *en cours* peut s'accomplir. Pour elle, le développement d'un blastomère isolé dépend à la fois de sa position sur l'œuf, cause de sa constitution, et des conditions physiques de son protoplasme (viscosité en particulier) qui permettent ou

---

(¹) *Arch. d'Anat. micr.*, 28, 1932, p. 328.

(²) Wintrebert, *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 602.

(³) Fankhauser, *Roux' Archiv*, 122, 1930, p. 724; Pasteels, *Arch. de Biologie*, 43, 1933, p. 570.

non son remaniement, c'est-à-dire une redistribution de ses matériaux équivalente à celle de l'œuf entier. Plus tard, tout obstacle (cellules mortes), empêchant la propagation régulière de l'induction, mène à un embryon déficient; car la réduction d'une fonction actuelle entraîne celle des fonctions suivantes. L'évolution ontogénètique est irréversible.

L'épigenèse révèle, chez les Amphibiens, l'existence de centres, initiateur et organisateur, qui sont bien, au sens littéral, des localisations germinales, mais qui diffèrent essentiellement de celles des préformistes en ce qu'elles ne renferment pas de substances organo-formatives et qu'elles ne sont pas prédestinées. Elles remplissent des fonctions inductrices, *propres à l'embryon*. Celles-ci ne doivent pas être confondues avec la capacité ultérieure qu'offrent les cellules de ces centres et de leurs champs d'induction de différencier les ébauches induites par le centre d'organisation.

Le préformisme ne peut se maintenir que par la confusion des étapes et l'ignorance des fonctions germinales.

BACTÉRIOLOGIE. — *Les déshydrogénases au cours de la staphylolyse. Méthode pour l'évaluation de la lyse bactérienne.* Note (1) de MM. **Fernand Chodat** et **Fernand Wyss-Chodat**, présentée par M. Roux.

La lyse a pour effet positif de rompre les corps bactériens en particules d'un ordre de grandeur beaucoup plus petit. Nous nous sommes demandé comment se présenteraient chez ces masses pulvérisées quelques-unes des propriétés enzymatiques caractéristiques des mêmes bactéries vivantes et à morphologie intacte ?

La possibilité d'une exaltation de l'activité fermentaire, consécutive à la libération de vecteurs endocellulaires d'enzymes, avait même été envisagée.

Pour répondre à cette question, nous avons choisi, dans l'acte fondamental de la respiration des microbes, les procès de déshydrogénation. L'évolution de cette fonction a été observée au cours de la staphylolyse faite par un bactériophage approprié.

Disons d'emblée qu'au fur et à mesure qu'elle progresse, la lyse a pour effet d'atténuer puis enfin de faire disparaître l'activité réductrice des germes de staphylocoque vis-à-vis du bleu de méthylène.

---

(1) Séance du 11 septembre 1933.

Cette variation du pouvoir enzymatique semble proportionnée au nombre des germes non lysés.

Cette expérience montre que la dislocation lytique dégrade le germe bactérien au point de lui faire perdre complètement son pouvoir réducteur. Cette constatation vérifie une fois de plus le fait que l'activité du système respiratoire est liée à l'intégrité de la structure cellulaire.

Les débris bactériens issus de la lyse sont donc dénués de l'activité fermentaire étudiée.

Le staphylophage lui-même est dépourvu, comme nous avons pu nous en assurer dans les conditions de notre expérience, de tout pouvoir réducteur.

La méthode employée au cours de ces recherches est assez simple et précise pour fournir une évaluation quantitative immédiate du degré de la lyse; en voici la technique :

Une émulsion de staphylocoque doré est préparée au moment de l'expérience à partir d'une culture de 24 heures sur bouillon gélosé maintenu à 37°. La souche de staphylophage, active pour le staphylocoque doré, conservée en bouillon à 4°, est réactivée 24 heures avant l'expérience. Préparation de l'expérience : ajouter 10 gouttes de l'émulsion bactérienne à un tube contenant exactement 5^{cm^3} de bouillon stérile; ajouter au même tube aussitôt après, ou bien après 2 heures de développement, le staphylophage à raison de 10 gouttes. Une douzaine de tubes sont simultanément préparés de la même manière; 12 autres tubes, sans staphylophage, constituent les témoins. Tous les tubes sont portés à l'étuve à 37°. On sort de l'étuve au bout d'un temps déterminé un tube d'expérience et un tube témoin et l'on mesure simultanément le pouvoir réducteur de chacune de ces cultures de la façon suivante : verser dans un tube de Thunberg 1^{cm^3} d'une solution de succinate de sodium à 0,5 pour 100, puis $0^{cm^3},5$ d'une solution de bleu de méthylène médicinal à la concentration M/1000; joindre à ce mélange le contenu du tube d'expérience ou du tube témoin provenant de l'étuve; faire le vide dans le tube de Thunberg et le plonger dans un bain-marie thermostat réglé à la température de 37°.

L'activité déshydrogénante de la culture est évaluée en notant en minutes la durée de la décoloration du bleu de méthylène, réalisable sous une tension réduite d'oxygène. Pour effectuer cette mesure on compare la teinte réalisée dans le tube de Thunberg aux teintes d'une échelle colorimétrique préparée de la manière suivante :

Solutions de bleu de méthylène.

N° 1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
M/5000	7500	10000	15000	25000	75000	125000

On peut abréger avantageusement la mesure en se bornant à déterminer le temps nécessaire pour que la teinte d'un tube passe du n° 4 au n° 6.

L'âge de la lyse correspond au temps écoulé depuis l'instant où le staphylophage est ajouté à la culture jusqu'au moment de l'expérience. Le temps-phage (t-phage) sera le temps mis par une culture, à un âge quelconque de sa lyse, pour effectuer la réduction convenue; le temps-coque (t-coque) sera le temps mis par la culture témoin (tube inoculé par le staphylocoque en même temps que le tube d'expérience) pour effectuer la même réduction. Le rapport : t-phage/t-coque nous fournit enfin l'*indice lytique;* cette valeur exprime, à chaque moment de l'expérience, l'altération de la fonction réductrice résultant de la lyse.

Le tableau suivant contient les mesures de 4 expériences dont 3 (n°s 1, 6, 8) aboutirent à une lyse parfaite, et 1, le n° 7, échoua. Ces succès et échecs peuvent être immédiatement reconnus et appréciés par la lecture des séries d'indices lytiques.

Age.	t-phage.	t-coque.	Indice.	Age.	t-phage.	t-coque.	Indice.
Expérience n° 1.				*Expérience n° 6.*			
min. 30.....	35	30	1,16	min. 0.....	38	38	1,00
60.....	37	26	1,42	15.....	31	32	0,97
90.....	28	21	1,33	30.....	28	18	1,55
130.....	23	16	1,43	45.....	23	12	1,91
150.....	29	12	2,41	60.....	20	12	1.66
180.....	41	7	5,85	90.....	18	10	1,8
240.....	41	5	8,2	120.....	27	7	3,85
				150.....	36	4	9,00
				180.....	40	3	13,3

Age.	*t*-phage.	*t*-coque.	Indice.	Age.	*t*-phage.	*t*-coque.	Indice.
Expérience n° 7.				*Expérience n° 8.*			
min.				min.			
0.....	17	17	1,00	0.....	12	11	1,09
15.....	16	–	–	5.....	12	10	1,2
20.....	16	14	1,14	15.....	12	9	1,33
35.....	12	11	1,09	30.....	12	8	1,5
45.....	11	10	1,1	45.....	12	7	1,7
65.....	10	8	1,25	60.....	10	6	1,66
80.....	8	7	1,14	75.....	11	5	2,2
150.....	5	3	1,66	105.....	13	4	3,25
180.....	6	3	2,00	150.....	20	3	6,66
240.....	5	2	2,5	180.....	41	2	20,5
				225.....	71	2	35,5

N. B. — Expériences 1 et 6, staphylophage dès le début, 7 et 8 après 2 heures de développement à 37°.

Mme **Angélique Panayotatou** adresse une Note *Sur les modifications de quelques souches de Bacilles Shiga sous l'influence du Bactériophage, à Alexandrie* (*Égypte*).

La séance est levée à 15h20m.

E. P.

ERRATA.

(Séance du 28 août 1933.)

Note de M. *Sébastien Sabetay*, Le trichlorure d'antimoine, nouveau réactif de la double liaison :

Page 559, ligne 7, *au lieu de* trinitrométhane, *lire* tétranitrométhane.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 2 OCTOBRE 1933.

PRÉSIDENCE DE M. ÉMILE BOREL.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à MM. **Vito Volterra**, **Pieter Zeeman**, associés étrangers, **Niels Erik Nörlund**, **Blas Cabrera**, correspondants de l'Académie, **Arthur Edwin Kennelly**, membre de la National Academy of Sciences de Washington, **John Cunningham Mac Lennan**, membre de la Royal Society de Londres, **Orso Mario Corbino**, membre de la R. Accademia dei Lincei, **Václav Poseipal**, membre de l'Académie des Sciences et des Arts de Prague, qui assistent à la séance.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur le latex de l'arbre à laque du Cambodge.* Note de MM. **Gabriel Bertrand** et **Georges Brooks**.

Si les sucs laiteux des arbres à laque du Tonkin, de la Chine et du Japon ont déjà fait l'objet de nombreuses recherches de laboratoire, ceux qui proviennent de la région du Siam et du Cambodge ont été à peine étudiés. Les premiers sont extraits d'arbres appartenant au genre *Rhus*, les derniers sont retirés d'arbres du genre *Melanorrhœa* (1).

Il existe plusieurs espèces très voisines de *Melanorrhœa* : le latex ou laque de Burma, appelé *thitsi*, est tiré du *M. usitata* (Wall), la laque du Cambodge, connue sous le nom de *moréac*, est tirée du *M. laccifera* (Pierre).

La laque de Burma a été examinée une première fois par Puran Sing, en 1909; d'après cet expérimentateur, elle renfermerait, comme principal

(1) Les uns et les autres appartenant d'ailleurs à la famille des Anacardiacées.

constituant, une substance identique à l'urushiol de la laque du Japon [1]. R. Majima en a repris l'étude, il y a une dizaine d'années. Selon lui, la substance principale ne serait pas de l'urushiol, mais un isomère de position du laccol, ayant les deux oxhydryles phénoliques en 2 et en 3 par rapport à la chaîne latérale, au lieu de 1 et 2. Aussi l'a-t-il appelé d'un nouveau nom, celui de thitsiol [2].

Les recherches dont nous donnons aujourd'hui les premiers résultats ont porté sur un échantillon de laque du Cambodge qui nous a été procuré par l'Agence générale des Colonies, sur l'intervention de M. le Professeur Heim de Balsac. Cet échantillon devait provenir de *Melanorrhœa laccifera* [3].

Cette laque était de consistance épaisse, de coloration foncée, gris brunâtre, et d'une odeur assez désagréable, rappelant l'huile rance et la matière fécale de chat. La couche supérieure, en contact avec l'air, était rouge noir, la teinte rouge étant surtout visible en examinant les bords, amincis par transparence.

La coloration et l'odeur mises à part, notre échantillon de laque du Cambodge se comportait presque exactement de la même manière que les laques mentionnées tout au début de ce travail, soit quand on l'étalait en couche peu épaisse, sur des planchettes, comme dans l'opération du laquage, soit quand on le traitait par l'alcool, ainsi qu'il a été décrit autrefois par l'un de nous, pour en étudier la composition [4].

Le traitement par l'alcool a permis, en effet, de séparer du latex deux substances principales : une sorte de gomme, possédant toutes les propriétés de la laccase, et une substance oléagineuse ayant, au premier examen, les caractères physico-chimiques du laccol.

La gomme et la laccase sont naturellement dissoutes dans une quantité d'eau représentant à peu près le tiers en poids du latex. Lorsqu'on délaye peu à peu ce dernier dans quatre à cinq fois son volume d'alcool à 95°, la gomme se précipite avec la laccase, des sels, des débris d'écorce et une petite quantité de produit noir insoluble qui résulte de l'oxydation inévitable d'une partie du latex. Pour séparer les principes constitutifs de la

(1) *Indian Forest Records*, **1**, 1909, p. 287.

(2) *Ber. d. Ch. Ges.*, **55**, 1922, p. 191.

(3) On trouvera d'intéressants détails sur l'origine et l'emploi des laques du Cambodge dans le *Catalogue des produits d'Indochine* (**4**, 1927, p. 136-141) et dans l'article de J. Stoeckel (*La Nature*, n° **2820**, 1er novembre 1929, p. 391-394).

(4) Gab. Bertrand, *Bull. Soc. chim.*, 3e série, **11**, 1894, p. 717.

sécrétion végétale, on centrifuge, on lave le précipité à l'alcool, puis on le fait macérer dans l'eau qui redissout la gomme, la laccase et des sels. On centrifuge de nouveau, les débris d'écorce et le produit noir restent au fond du vase; le liquide décanté est filtré, puis additionné d'alcool. On recueille le dépôt gommeux par centrifugation et on le met à sécher dans le vide, sur l'acide sulfurique. Sans approfondir si ce dépôt est la substance oxydasique, nous lui appliquerons, pour simplifier, le nom de laccase, ainsi qu'il a déjà été fait à propos de la laque du Tonkin ([1]). Le rendement s'est élevé à 2,5 pour 100 du latex et il est resté à 5 et 6 pour 100 des débris d'écorce et de produit noir insoluble.

Quant au liquide hydroalcoolique provenant de la première précipitation du latex, on le concentre par distillation au bain-marie dans le vide; on reprend le résidu par un peu d'eau et de l'éther; l'eau retient une petite quantité de sucre réducteur (glucose) et de sels, l'éther s'empare de la substance oléagineuse. On sépare les deux couches par décantation dans une allonge à robinet. En distillant l'éther, la substance oléagineuse reste comme résidu. Elle est constituée surtout par un principe immédiat nouveau que nous désignerons sous le nom de *moréacol*, pour rappeler à la fois son origine et sa parenté avec le laccol et l'urushiol. Le moréacol brut représente de 55 à 60 pour 100 du poids du latex.

Son étude présente les mêmes difficultés que celle de ses congénères du genre *Rhus* : non seulement il est très altérable à l'air et à la chaleur, mais il possède aussi des propriétés rubéfiantes qui en rendent le maniement pénible.

Nous l'avons tout d'abord purifié en le distillant sous pression réduite ([2]). Nous avons obtenu sous $0^{mm},5$, avec une faible rentrée de gaz carbonique, un liquide passant, à la vitesse de trois gouttes par seconde, entre $+242°$ et $+250°$, et cela dans la proportion de 45 pour 100 du produit brut ([3]). Ce liquide était très facilement coloré en jaune citron. Nous avons déterminé aussitôt sa densité et son indice de réfraction. Nous avons trouvé :

$$D_{19°} = 0,9874, \qquad n_{20°} = 1,5277.$$

([1]) Gab. Bertrand, *Ann. Chim. Phys.*, 7e série, **12**, 1897, p. 115-140.

([2]) Pour plus de détails, voir un mémoire qui paraîtra prochainement.

([3]) Si l'on distille sous une pression plus élevée, le produit subit une décomposition importante, les rendements diminuent et il passe une petite quantité de pyrocatéchol. Ce phénomène rappelle celui qui a été observé dans les mêmes conditions avec le laccol et l'urushiol.

Le moréacol, enfermé dans des tubes scellés sous vide et placé dans la chambre froide, se prend complètement en une masse cristalline blanche, dont le point de fusion, déterminé comme pour le laccol [1], est situé à + 28°. Abandonné au contact de l'air, surtout à l'état fondu, il se colore assez rapidement en rouge acajou, puis en brun rouge.

Nous avons mis en évidence les deux fonctions phénoliques du moréacol, en le traitant par l'anhydride acétique, dans les conditions décrites antérieurement au sujet du laccol. Par rectification sous pression réduite à $0^{mm},2$-$0^{mm},3$, nous avons obtenu le diacétylmoréacol passant sans décomposition, à la vitesse de trois gouttes à la seconde, entre + 233° et + 240°. Le rendement a atteint 70 pour 100 de la théorie.

C'est alors un liquide à peine teinté de jaune citron, ne brunissant pas à l'air. Maintenu dans une chambre refroidie entre + 2° et + 3°, il est resté liquide, même après une année. La détermination de sa densité et de son indice de réfraction a conduit aux chiffres suivants :

$$D_{23°} = 0,9957, \qquad n_{23°} = 1,4958.$$

En solution alcoolique, il n'est pas colorable par le perchlorure de fer, ce qui montre que l'acétylation a été complète. Le dosage des groupes acétylés a donné comme résultats :

Analyse.	Poids de substance.	NaOH $n/10$ employée.	Acide acétique trouvé.
I.	$0^{g},050$	$2^{cm^3},3$	27,60 %
II.	$0^{g},101$	$4^{cm^3},7$	27,92 %

Ces chiffres correspondent à un dérivé diacétylé de formule

$$C^{23}H^{34}(OCOCH^{3})^{2}$$

donnant à l'hydrolyse 28,03 pour 100 d'acide acétique.

Nous avons soumis le moréacol à l'hydrogénation catalytique en présence de noir de platine. Nous avons obtenu ainsi du tétrahydromoréacol facile à distiller entre + 280° et + 290° à la pression de 12 à 14^{mm} et cristallisant par refroidissement en une masse incolore. Purifié dans le xylène, puis dans l'éther de pétrole, il est en paillettes légères et brillantes, fusibles au bloc Maquenne à + 95°,3.

Ce corps a été soumis à l'action de l'anhydride acétique et le produit acétylé a été purifié par fractionnement à l'aide d'alcool méthylique. Nous

(1) Gab. Bertrand et G. Brooks, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, 53, 1933, p. 432.

avons obtenu finalement des paillettes nacrées fondant au tube capillaire à la température corrigée de $+70°,5$. Le dosage des groupes acétyles a donné, pour deux opérations :

Analyse.	Poids de substance.	NaOH $n/10$ employée.	Acide acétique trouvé.
I.................	$0^{g},205$	$9^{cm^3},52$	27,86 %
II.................	$0^{g},208$	$9^{cm^3},6$	27,69 %

Le calcul indique pour un diacétyltétrahydromoréacol de formule $C^{23}H^{36}(OCOCH^3)^2$ 27,90 pour 100 d'acide acétique.

Nous croyons pouvoir conclure de ces premières expériences sur le latex de l'arbre à laque du Cambodge que la composition immédiate et les propriétés générales de ce latex sont très voisines de celles des latex des arbres à laque du genre *Rhus*, mais que la substance oléagineuse à fonction phénolique qu'il renferme est différente. Tandis que le laccol possède, d'après nos recherches [1], la formule $C^6H^3(OH)^2C^{16}H^{29}$, le moréacol renfermerait un groupement CH^2 en plus, et aurait par conséquent la formule $C^6H^3(OH)^2C^{17}H^{31}$ ou la formule $C^6H^2(OH)^2\left\langle\begin{matrix}CH^3\\C^{16}H^{29}\end{matrix}\right.$.

Étant donné que l'existence de la chaîne linéaire en C^{17} n'a pas encore été démontrée dans les principes immédiats [2], il est probable que c'est plutôt la dernière formule qui correspond au moréacol.

CORRESPONDANCE.

M. le **Président de la Société française des Électriciens** prie l'Académie de vouloir bien se faire représenter à la célébration du *Cinquantenaire de la Société* qui aura lieu du 23 au 26 novembre 1933.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Saverio Spadavecchia. *Le noyau atomique*.

---

(1) *Loc. cit.*

(2) Malgré ce qui a pu être dit à propos de l'acide daturique (E. Gérard, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, **39**, 1926, p. 143), l'un de nous, Gab. Bertrand, a extrait le prétendu acide daturique des graines de *Datura Stramonium* et, l'ayant soumis à la méthode de précipitation fractionnée en solution alcoolique avec l'acétate de magnésium, a constaté qu'il se comportait comme un mélange d'acides palmitique et stéarique.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Généralisation d'une équation de M. E. Goursat.* Note [1] de M. **D. V. Jonesco**, transmise par M. Élie Cartan.

M. E. Goursat a démontré [2] que toute équation différentielle de la forme

$$(1)\qquad x^n y^{(n+m)} + x^{n-1} p_1(x) y^{(n+m-1)} + \ldots + x p_{n-1}(x) y^{(m+1)} + p_n(x) y^{(m)} + \ldots + p_{n+m}(x) y = 0,$$

où les fonctions $p_i(x)$ sont holomorphes pour $|x| \leqq R$, admet une intégrale holomorphe dans le domaine de l'origine, la valeur de cette intégrale et de ses $m-1$ premières dérivées pouvant être prises arbitrairement pour $x=0$, pourvu que l'équation

$$(r-m)\ldots(r-m-n+1) + p_1(0)(r-m)\ldots(r-m-n+2) + \ldots + p_n(0) = 0$$

n'admette pour racine aucun nombre entier supérieur à $m-1$.

1. On peut transformer l'équation (1) en une équation intégro-différentielle en prenant comme fonction inconnue $y^{(m)} = z(x)$, et tenant compte des conditions initiales. On trouve l'équation intégro-différentielle

$$(2)\qquad x^n z^{(n)} + x^{n-1} p_1(x) z^{(n-1)} + \ldots + p_n(x) z = f(x) + \int_0^x N(x, s) z(s)\, ds,$$

où

$$f(x) = -\sum_{i=1}^{m} y_0^{(m-i)} p_{n+i}(x), \qquad N(x, s) = -\sum_{i=1}^{m} \frac{(x-s)^{i-1}}{(i-1)!} p_{n+i}(x).$$

L'objet de cette Note est l'étude de l'équation (2) qui généralise l'équation (1) de M. Goursat, en supposant que $f(x)$ et $N(x-s)$ sont des fonctions holomorphes *quelconques* pour $|z| \leqq R$ et $|s| \leqq R$.

2. J'ai démontré que *l'équation* (2) *admet une intégrale holomorphe dans le domaine de l'origine, pourvu que l'équation caractéristique*

$$(3)\qquad \varphi(r) = r(r-1)\ldots(r-n+1) + p_1(0)\, r(r-1)\ldots(r-n+2) + \ldots + p_n(0) = 0$$

n'admette pour racine aucun nombre entier positif.

Une application de ce théorème est le théorème cité au début de cette Note. Une autre application est le théorème suivant :

---

[1] Séance du 25 septembre 1933.

[2] *Annales de l'École Normale supérieure*, 12, 1883, p. 261-286.

L'équation intégro-différentielle

$$x^n y^{(n+m)} + x^{n-1} p_1(x) y^{(n+m-1)} + \ldots + x p_{n-1}(x) y^{(m+1)} + p_n(x) y^{(m)} + \ldots + p_{n+m}(x) y = \int_0^x \mathrm{M}(x, s) y(s)\, ds,$$

où les fonctions $p_i(x)$ et $\mathrm{M}(x, s)$ sont holomorphes pour $|x| \leqq \mathrm{R}$ et $|s| \leqq \mathrm{R}$, admet une intégrale holomorphe dans le domaine de l'origine, sa valeur et celles de ses $m-1$ premières dérivées pouvant être prises arbitrairement pour $x=0$, pourvu que l'équation (3) n'admette pour racine aucun nombre entier positif.

3. Dans le cas où $f(x)=0$, j'ai démontré le théorème suivant :

L'équation intégro-différentielle (2) *a des intégrales de la forme* $z = x^\lambda h(x)$, *où* λ *est une racine de l'équation* $\varphi(r)=0$, *et* $h(x)$ *une fonction holomorphe dans le domaine de l'origine, pourvu que* $\varphi(r+p)$ *soit différent de zéro, pour tout entier p positif, et que la partie réelle de* λ *soit plus grande que* -1.

Dans le cas où l'équation (3) *a des racines multiples*, à chaque racine correspondent m groupes d'intégrales. Par exemple à la racine triple λ, qui satisfait aux conditions précédentes, correspondent les intégrales

$$z_1 = x^\lambda h_{11}(x),$$
$$z_2 = x^\lambda [h_{21}(x) + h_{22}(x) \operatorname{Log} x],$$
$$z_3 = x^\lambda [h_{31}(x) + h_{32}(x) \operatorname{Log} x + h_{33}(x) (\operatorname{Log} x)^2],$$

où les h_{ik} sont des fonctions holomorphes dans le domaine de l'origine.

4. J'ai fait la démonstration de ces théorèmes par la méthode des approximations successives de M. E. Picard, en prenant comme théorèmes auxiliaires le fait que l'équation de Fuchs avec second membre de la forme

$$(4) \qquad x^{\lambda+r} g(x) \quad \text{ou} \quad x^{\lambda+r}\left[g(x) + \sum_{i=1}^{p} g_i(x) (\operatorname{Log} x)^i\right],$$

où $g(x)$ et $g_i(x)$ sont des fonctions holomorphes pour $|x| \leqq \mathrm{R}$, λ est une constante et r un entier positif, admet une intégrale de la même forme que son second membre, pourvu que $\varphi(\lambda + r + p)$ soit différent de zéro pour tout entier p positif ou nul. Ces théorèmes ont été donnés par Fuchs [1] et par M. A. Kienast [2].

Il est important de signaler qu'à cette occasion j'ai donné des démons-

---

(1) *Journal de Crelle*, **68**, 1868, p. 354-386.

(2) *Vierteljahrschrift d. Naturforschenden Gesells. in Zürich*, **61**, 1916, p. 684-726.

trations de ces théorèmes ainsi que du théorème de Fuchs, avec la méthode des approximations successives de M. E. Picard, en écrivant l'équation de Fuchs sous la forme

$$x^n y^{(n)} + p_1(0)\,x^{n-1}y^{(n-1)} + \ldots + p_n(0)\,y$$
$$= F(x) + x\,[x^{n-1}f_1(n)\,y^{(n-1)} + \ldots + f_n(x)\,y],$$

et en démontrant d'abord que l'équation d'Euler qui a comme second membre une fonction de la forme (4), admet une intégrale de la même forme, pourvu que $\varphi(\lambda + r + p)$ soit différent de zéro pour tout entier p positif ou nul.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur une généralisation de la sommation de M. Borel.* Note [1] de M. **J.-C. Vignaux**, transmise par M. E. Borel.

Dans la présente Note nous donnons une généralisation de la sommation exponentielle de M. Borel, qui jouit de presque toutes les propriétés qu'a la convergence des séries et permet de sommer la série produit de Cauchy de deux séries sommables avec ce procédé.

Soit donnée la série

$$(1)\qquad u_0 + u_1 + u_2 + \ldots$$

et supposons que la série

$$U_{p,r}(x) = \sum_{n=0}^{\infty} u_n \frac{x^{np+r}}{(np+r)!},$$

où p et r sont deux entiers positifs, définisse une *fonction analytique régulière* pour tout $x \geqq 0$, et considérons l'intégrale

$$(2)\qquad \Phi(x) = \int_0^x e^{-x}\,U_{p,r}(x)\,dx.$$

Quant à la limite de $\Phi(x)$ lorsque $x \to \infty$, elle peut être *finie* avec la valeur S, *infinie* (positive ou négative) ou bien ne pas exister. Dans le premier cas, nous dirons que la série (1) est *convergente* (B_p, r) avec *somme* S, dons le second qu'elle est *divergente* (B_p, r) et dans le dernier cas, que la (1) est *oscillante* (B_p, r). Les numéros

$$\overline{\lim_{x\to\infty}}\,\Phi(x) = S', \qquad \underline{\lim_{x\to\infty}}\,\Phi(x) = S''$$

(1) Séance du 12 juin 1933.

nous appellerons ses *limites d'oscillation* (B_p, r). La série (1) est *absolument convergente* (B_p, r) ou *convergente* $|B_p, r|$ si converge l'intégrale

$$\int_0^\infty e^{-x} |U_{p,r}(x)| \, dx.$$

Il est évident que la sommation $(B_1, 0)$ est la sommation de M. Borel [1], que $(B_p, 0)$ est la sommation de M. Le Roy (*Ann. de Toulouse*, 2e sem. 1900, p. 317-430) et que (B_1, r) est la sommation de M. G. Sannia [2].

2. Je démontre alors les théorèmes suivants :

I. *Si la série* $\sum_0 u_n$ *est convergente* (B_p, r), *elle est aussi convergente* $(B_p, r+1)$ *avec la même somme.*

La puissance de la méthode croît avec l'entier r. De même façon par rapport à p.

II. *Si la série*

$$u_0 + u_1 + u_2 + \ldots \tag{1}$$

est convergente (B_p, r) *avec somme* u, *la série*

$$u_1 + u_2 + \ldots \tag{2}$$

est convergente $(B_p, r+1)$ *avec somme* $u - u_0$.

Si la série (2) *est convergente* (B_p, r) *la* (1) *est aussi convergente* (B_p, r).

III. *Si la série* $\sum_0 u_n$ *est oscillante* (B_p, r) *avec limites d'oscillation* (B_p, r) *finies* S' *et* S'' *la série* $\sum_0 ku_n$ *est oscillante* (B_p, r) *et ses limites sont* kS *et* kS''.

IV. *Si la série* $\sum_0 u_n$, *est convergente* (B_p, r) *avec somme* u *et la série* $\sum_0 v_n$ *est oscillante* (B_p, s) *avec limites d'oscillation* V_1 *et* V_2, *la série* $\sum_0 (u_n + v_n)$ *est oscillante* (B_p, s) *si* $s \geqq r$ *et ses limites d'oscillation sont* $u + V_1$ et $u + V_2$.

---

(1) *Leçons sur les séries divergentes*, 2e édition (Gauthier-Villars, Paris, 1928).

(2) *Rendiconti del Circolo Matematico di Palermo*, **42**, 1917, p. 303-322.

3. Quant au produit de deux séries, nous avons les théorèmes suivants :

I. *Si les séries*

$$(1)\qquad \sum_0^\infty u_n, \qquad\qquad (2)\qquad \sum_0^\infty v_n$$

sont convergentes $|B_p, r|$ et $|B_p, s|$ *avec somme* u et v *respectivement*, la série produit

$$(3)\qquad \sum_0^\infty w_n, \qquad w_n = u_n v_0 + \ldots + u_0 v_n$$

est convergente $|B_p, r+s+1|$ *avec somme* uv.

II. *Si la série* (1) *est convergente* $|B_p, r|$ *avec somme* u *et la série* (2) *est convergente* (B_p, s) *avec somme* v, *la série* (3) *est convergente* $(B_p, r+s+1)$ *avec somme* uv.

III. *Si les séries* (1) *et* (2) *sont convergentes* (B_p, r) *et* (B_p, s) *avec somme* u *et* v *respectivement et que* $u_n = o(1/n)$, $v_n = o(1/n)$, *la série* (3) *est convergente* $(B_p, r+s+1)$ *avec somme* uv.

L'hypothèse $u_n = o(1/n)$, $v_n = o(1/n)$ peut se remplacer par $u_n = O(1/n)$, $v_n = O(1/n)$ et le théorème subsiste.

IV. *Si la série* (1) *est convergente* $|B_p, r|$ *avec somme* u *et si la série* (2) *est oscillante* (B_p, r) *avec limites d'oscillation finies* V_1 *et* V_2 *et si* $v_n = o(1)$ *ou* $v_n = o(1/n)$ *ou* $v_n = O(1/n)$, *la série* (3) *est oscillante* (B_p, r) *avec limites d'oscillation égales à* uV_1 *et* uV_2.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Sur l'effet de conversion interne*. Note [1] de M. **J. Solomon**, transmise par M. Jean Perrin.

Dans une Note antérieure [2], nous avons montré que l'effet de conversion interne proprement dit (effet photoélectrique interne) est accompagné de transitions électroniques vers les états d'énergie négative dès que l'énergie du rayonnement γ émis dépasse une certaine limite et nous avons montré les importances relatives de ces deux sortes de transitions.

Lorsque la transition nucléaire associée est radiative, la conservation de l'énergie est assurée par l'émission de rayonnement de même fréquence que le rayonnement nucléaire. On peut donc dire que l'on observera deux pho-

---

[1] Séance du 18 septembre 1933.

[2] J. Solomon, *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 401.

tons $h\nu$ par processus de cette espèce. Si au contraire la transition nucléaire n'est pas radiative, la transition électronique sera accompagnée de l'émission d'un photon d'énergie $2h\nu$.

De ce qui précède, on peut tirer les conclusions suivantes : tout d'abord, il convient de remarquer que des électrons d'énergie négative (qui apparaîtraient à certains points de vue comme des électrons de charge et d'énergie positives, notamment en ce qui concerne le sens de la déviation par les champs électrique et magnétique) n'ont jamais été observés alors que d'après les résultats précédents, pour des énergies γ de l'ordre de $15.10^5 e \times$ volt et au-dessus, c'est-à-dire dans un domaine expérimental bien connu, ces électrons devraient se présenter en nombre sensiblement voisin de celui des électrons photoélectriques ordinaires.

Pour les transitions nucléaires radiatives, on voit sans peine que le rayonnement γ accompagnant les transitions étudiées est trop faible pour affecter la bonne concordance existant entre les résultats expérimentaux et les résultats théoriques en ce qui concerne l'effet photoélectrique interne habituel.

Il en est différemment des transitions nucléaires non radiatives ([1]) (il s'agit en particulier de la radiation $1,426.10^6$ e.volts de RaCC′). Quelle que soit la loi d'interaction entre noyau et électrons extérieurs, comme le rapport entre les intensités des deux effets est de 0,6 environ pour cette fréquence, on devrait observer uue raie γ intense d'énergie $2,852.10^6 e$.volt qui ne semble pas avoir été signalée.

On est donc amené à penser que les transitions étudiées ci-dessus sont réellement impossibles en général, conformément à la théorie des « trous » de Dirac ([2]). Cette théorie, rendant compte de l'existence d'électrons positifs ou positrons ([3]) et de l'absence des anomalies que nous avons signalées ci-dessus est actuellement, malgré ses imperfections, celle qui couvre le plus grand nombre de faits connus ([4]).

([1]) Cf. R. H. Fowler, *Ann. Inst. Poincaré*, 3, 1932, p. 75; H. M. Taylor et N. F. Mott, *Proc. Roy. Soc.*, A, 138, 1932, p. 663.

([2]) P. A. M. Dirac, *Proc. Roy. Soc.*, A, 126, 1930, p. 360.

([3]) P. M. S. Blackett et G. P. S. Occhialin, *Proc. Roy. Soc.*, A, 139, 1933, p. 699.

([4]) On distinguera naturellement des processus étudiés ici les processus prévus par la théorie des trous lors desquels le photon émis par le noyau se transforme en un électron et un positron. D'après Oppenheimer et Plesset la probabilité de ce dernier processus est de 2.10^{-4} pour la raie $2,6.10^6$ e.volts du Th C″ (*Phys. Rev.*, 44, 1933, p. 53).

Il est encore possible d'appliquer les résultats précédents à la théorie de l'effet photoélectrique ordinaire pour les rayons γ. Il semble donc que les résultats de Sauter et de Hulme ([1]), qui négligent délibérément les transitions étudiées ici, soient corrects, ce qui présente un certain intérêt pour la discussion des expériences sur la diffusion nucléaire anormale des rayons γ.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Sur le mécanisme du choc, ou cognement, dans les moteurs à combustion interne.* Note ([2]) de MM. **Charles Dufraisse** et **René Chaux**, présentée par M. Delépine.

Dans une Note récente (*Comptes rendus*, 197, 1933, p. 393) M. Dumanois écrit ce qui suit :

> Nous avons exposé précédemment (*Comptes rendus*, 186, 1928, p. 292) une théorie relative à la détonation, attribuant celle-ci aux phénomènes d'oxydation se produisant pendant la course de compression, et donnant lieu à la formation de peroxydes, au sens attribué à ce mot, par MM. Moureu, Dufraisse et Chaux, ces peroxydes étant des composés instables à décomposition exothermique.

Cette phrase exprime que la théorie du choc dans les moteurs, désignée partout sous le nom de théorie des peroxydes, serait l'œuvre de M. Dumanois, la contribution de MM. Moureu, Dufraisse et Chaux se réduisant à avoir attribué un sens au mot peroxyde.

La réalité est tout autre.

En février 1927, soit un an environ avant la première publication de M. Dumanois sur la question des peroxydes dans les moteurs, MM. Moureu, Dufraisse et Chaux ([3]) exposaient de la manière la plus explicite une théorie qui, pour reprendre les termes cités plus haut, était « relative à la détonation, attribuant celle-ci aux phénomènes d'oxydation se produisant pendant la course de compression, et donnant lieu à la formation de peroxydes ».

Ils donnaient les deux propositions essentielles, sur lesquelles est basé le mécanisme actuellement admis pour le cognement des moteurs, savoir : 1° le carburant subit une autoxydation pendant la phase de compression

---

([1]) F. Sauter, *Ann. d. Phys.*, 11, 1931, p. 454; H. R. Hulme, *Proc. Roy. Soc.*, A, 133, 1931, p. 381.

([2]) Séance du 18 septembre 1933.

([3]) *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 413. A la même époque et indépendamment, Callendar exposait en Angleterre une théorie analogue (*Engineering*, 123, 1927, p. 147, 182, 210).

jusqu'au moment de l'allumage; 2° les peroxydes formés dans cette période sont les agents actifs de la perturbation qui engendre le choc, ou cognement.

Mais leur Note n'était pas seulement théorique. Ils appuyaient leurs vues par le résumé de nombreuses expériences, dont les premières avaient fait l'objet de communications, déjà en 1925 (1), puis en 1926 (2), et dont le détail fut publié dans trois Mémoires étendus, parus tous les trois en 1927 (3).

Ces expériences avaient comme objectif principal d'établir que les carburants s'autoxydent, en formant des peroxydes, dans les conditions qui règnent à l'intérieur des cylindres de moteurs. Elles portaient sur les diverses parties (au nombre de 13) du fractionnement d'un pétrole d'origine connue (Pechelbronn), ainsi que sur l'échantillon global et, de plus, sur le naphtalène, sur le tétrahydronaphtalène, sur le décahydronaphtalène. Pour compléments d'informations, elles avaient été étendues à la cire de paraffine et à plusieurs huiles d'origines connues (coprah, arachide, palme, palmiste, foie de morue, spermaceti, *Centrophorus granulosus*, cette dernière parce qu'elle est riche en un hydrocarbure polyéthylénique, le spinacène).

Elles furent étayées par d'autres expériences faisant ressortir un parallélisme entre l'oxydabilité et le pouvoir détonant, puis par d'autres montrant que les antidétonants agissaient comme antioxygènes et les prodétonants comme prooxygènes.

C'est à ce propos que fut signalée l'observation, souvent reprise depuis, d'une certaine relation entre le pouvoir détonant et la tendance à donner l'oxyluminescence ou flamme froide de Perkin (4).

Enfin la démonstration fut complétée par la caractérisation des per-

(1) Ve Congrès de Chimie industrielle, Paris, 1925 (*Chimie et Industrie*, numéro spécial, 1926, p. 16).

(2) *Chemical Reviews*, 3, 1926, p. 135.

(3) Charles Moureu, Charles Dufraisse et René Chaux, *Autoxydation et action antioxygène* : (XXII) *Considérations sur le mode d'action des antidétonants* (*Chim. et Ind.*, 17, 1927, p. 531); (XXIII) *Autoxydation à chaud de combustibles liquides: Application au problème du choc dans les moteurs* (*Chim. et Ind.*, 18, 1927, p. 3); (XXIV) *Le phénomène du choc et le mode d'action des antidétonants* (*Ann. Of. Nat. Comb. Liq.*, 2, 1927, p. 233).

(4) L'oxyluminescence des liquides organiques ou flamme froide a été découverte par Perkin (1882) : c'est la raison pour laquelle MM. Moureu, Dufraisse et Chaux ont proposé de donner à ce phénomène le nom du Savant anglais.

oxydes dans le fonctionnement réel d'un moteur [pour les détails de cette expérience, voir ([1])].

Tous ces faits justifiaient la conclusion suivante qui fut alors énoncée ([2]) : « ... ce sont les peroxydes, produits primaires de l'autoxydation du carburant, qui sont les agents du choc, en raison de leurs propriétés explosives. »

Faut-il ajouter que, dans sa rédaction de 1928 ([3]), notre actuel contradicteur ne prétendait à rien d'autre qu'à appliquer notre théorie des peroxydes? En tout cas, il se gardait de réduire à une question de mots l'apport de MM. Moureu, Dufraisse et Chaux.

En conséquence, M. Dumanois n'a aucun titre à se déclarer (ou à se laisser déclarer) l'auteur de la théorie des peroxydes concernant le choc ou cognement des moteurs.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur le problème des deux corps de masses variables.* Note de M. **E.-O. Lovett.**

Dans la forme particulière du problème des deux corps de masses variables, s'attirant mutuellement suivant la $k^{\text{ième}}$ puissance de la distance, où la somme des masses est égale à la $n^{\text{ième}}$ puissance d'une fonction linéaire du temps, les seuls cas (k, n) d'intégrabilité par quadratures, y compris les premières solutions $(k=-2,\ n=-1)$ et $(k=-2,\ n=-1/2)$ de Mestschersky ([4]), une solution plus récente $(k=-5, n=1)$ de Maderni ([5]), et une autre $(k+2n+3=0)$ de l'auteur, consistent ([6]) en tous les couples de valeurs (k, n) satisfaisant aux deux conditions indépendantes

$$(1)\qquad \text{(I)}\quad k+n+3=0, \qquad \text{(II)}\quad k+2n+3=0,$$

([1]) *Ann. Of. Nat. Comb. Liq.*, **2**, 1927, p. 251.

([2]) *Chim. et Ind.*, **18**, 1927, p. 3.

([3]) Dumanois, *Comptes rendus*, **186**, 1928, p. 292.

([4]) *Astronomische Nachrichten*, n° **3153**, 1893, et n° **3807**, 1902. Pour des applications récentes des solutions de Mestschersky, voir Armellini, *Rendiconti della R. Accademia dei Lincei*, **15**, 1932, p. 704, et Zagar, *Ibid.*, **16**, 1933, p. 327. Voir aussi Mendès, *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 846.

([5]) *Rendiconti della R. Accademia dei Lincei*, **30**, 1921, p. 176-178.

([6]) *Ibid.*, **31**, 1922; Armellini, p. 170-173; Lovett, p. 178-181.

les équations différentielles en coordonnées polaires (r, θ) étant

$$\frac{d^2 r}{dt^2} = \frac{1}{r^3} - r^k t^n, \qquad r^2 \frac{d\theta}{dt} = 1. \tag{2}$$

Cette Note a pour objet de considérer un problème un peu plus général, conduisant à des équations linéaires et à des quadratures pour la construction des solutions approximatives ([1]), et permettant de retrouver les résultats précédents. Il est évident que les équations différentielles

$$\frac{d^2 r}{dt^2} = \frac{1}{r^l} - r^k t^n, \qquad \frac{d^2 r}{dt^2} = \frac{1}{r^l}\left[1 - \left(\frac{r^m}{t}\right)^{-n}\right] \tag{3}$$

deviennent équivalentes l'une à l'autre si l'on pose

$$k + l + mn = 0. \tag{4}$$

De plus ([2]), les équations différentielles

$$\frac{d^2 X}{d\xi^2} - \frac{1}{2\varphi}\frac{d\varphi}{d\xi}\frac{dX}{d\xi} - \varphi(\xi)\psi(X) = 0, \qquad \left(\frac{dX}{d\xi}\right)^2 = \varphi(\xi)\left[2\int \psi(X)\,dX + \text{const.}\right] \tag{5}$$

sont équivalentes. D'ailleurs, on constate aisément que, pour certaines valeurs de l et de m, par exemple, celles qui satisfont aux relations

$$l < 0, \quad p \geqq 0, \qquad \text{où} \qquad p = l - 2m + 1, \tag{6}$$

on peut appliquer à l'équation

$$\xi^2 \frac{d^2 X}{d\xi^2} + (m-1)\xi \frac{dX}{d\xi} - (m-1)X = am^2 \xi^p (X^{-l} - X^k) \tag{7}$$

une méthode d'approximations successives développée par M. Chazy ([3]).

Alors, en faisant les changements de variables suivants :

$$\begin{cases} r = \dfrac{Y(\eta)}{\alpha\eta}, & t = \dfrac{1}{\beta\eta^\lambda} \quad (\alpha, \beta, \lambda \text{ constants}), \\ r = \gamma e^{\zeta} Z(\zeta), & t = \delta e^{\mu\zeta} \quad (\gamma, \delta, \mu \text{ constants}), \end{cases} \tag{8}$$

dont un exemple a été donné, pour le premier par Armellini et pour le second par Maderni, la deuxième des équations (3) s'écrit sous les formes

---

([1]) Voir Hadamard, *Cours d'Analyse*, **2**, 1930, p. 297 et suiv.

([2]) Cf. Painlevé, *Acta mathematica*, **25**, 1902, p. 32.

([3]) *Ibid.*, **41**, 1918, p. 57. Voir aussi Picard, *Traité d'Analyse*, 2ᵉ édition, **3**, 1908, p. 412 et suiv.

respectives

$$(9)\quad \frac{d^2Y}{d\eta^2}+\frac{\lambda-1}{\eta}\frac{dY}{d\eta}-\frac{\lambda-1}{\eta^2}Y=\alpha^{l+1}\beta^{-2}\lambda^2\eta^{l-2\lambda-1}[Y^{-l}-\alpha^{mn}\beta^{-n}\eta^{-(\lambda-m)n}Y^k],$$

$$(10)\quad \frac{d^2Z}{d\zeta^2}-(\mu-2)\frac{dZ}{d\zeta}-(\mu-1)Z=\gamma^{-(l+1)}\delta^2\mu^2e^{-(l-2\mu+1)\zeta}[Z^{-l}-\gamma^{-mn}\delta^n e^{(\mu-m)n\zeta}Z^k],$$

qui, en vertu des substitutions

$$(11)\qquad \lambda=m=\mu,\qquad \beta=\alpha^m,\qquad \delta=\alpha\gamma^m=\alpha^{-m},$$

se réduisent aux formes

$$(12)\qquad P\equiv\frac{d^2Y}{d\eta^2}+\frac{m-1}{\eta}\frac{dY}{d\eta}-\frac{m-1}{\eta^2}Y=c_m\eta^{l-2m-1}(Y^{-l}-Y^k),$$

$$(13)\qquad Q\equiv\frac{d^2Z}{d\zeta^2}-(m-2)\frac{dZ}{d\zeta}-(m-1)Z=c_m e^{-(l-2m+1)\zeta}(Z^{-l}-Z^k),$$

où, dans les coefficients $c_m=m^2\alpha^{l-2m+1}$, on peut en général choisir la constante arbitraire α de manière que c_m soit égal à l'unité, le seul cas d'exception étant celui de $m=(l+1)/2$, où c_m devient évidemment égal à m^2.

Il résulte de ces dernières formules que l'on peut donner à l'équation (12) la forme (7) assujettie à des conditions telles que (6); que pour $l=2m-1$ la variable indépendante ζ disparaît de l'équation (13), dont $k=-3$, $l=1$, $m=1$, $n=2$ constitue une autre solution particulière; que les équations linéaires $P=Q=0$ conservent leurs formes, indépendamment de la valeur de l, et pour toutes valeurs de m; que pour $l=3$, $m=1$ ou 2, (12) s'intègre immédiatement et (13) en vertu de (5) ou vice versa, et les conditions (1) reviennent à (4). D'ailleurs, pour $l=2m-1$, l'équation (13) se ramène à l'équation du premier ordre, d'une forme normale,

$$y\frac{dy}{dx}-(m-2)y-(m-1)x=m^2(x^{1-2m}-x^k).$$

Enfin, pour $l=3$, (12) et (13) peuvent s'écrire sous les formes

$$(14)\quad \Phi\equiv\frac{d^2Y}{d\eta^2}+\frac{m-1}{\eta}\frac{dY}{d\eta}-\alpha^{-2(m-2)}m^2\eta^{-2(m-1)}(Y^{-3}-Y^k)=\frac{m-1}{\eta^2}Y,$$

$$(15)\quad \Psi\equiv\frac{d^2Z}{d\zeta^2}-(m-2)\frac{dZ}{d\zeta}-\alpha^{-2(m-2)}m^2e^{2(m-2)\zeta}(Z^{-3}-Z^k)=(m-1)Z,$$

d'où il paraît encore, en conséquence de (5), que pour $m=1$ et $m=2$ chacune des équations (14) et (15) est intégrable par quadratures, et que pour toutes les valeurs de m, les équations $\Phi=\Psi=0$ restent ainsi intégrables.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur un nouveau redresseur à couche d'arrêt.*
Note [1] de M. **Michel Anastassiadès**, présentée par M. P. Janet.

Un contact métal semi-conducteur présente généralement des propriétés rectifiantes. Nous avons voulu étudier à ce point de vue les propriétés d'un système formé de deux couches successives, l'une en CuS et l'autre en Cu^2S pressées entre deux électrodes en cuivre pur. Pour donner à la poudre de Cu^2S son maximum de résistivité, nous avons fondu le Cu^2S pur (Kahlbaum) dans un four électrique, en le chauffant à 1030° pendant 45 minutes [2].

Pour éviter la formation des dendrites de Cu dans la masse de Cu^2S, nous nous sommes limité à une région des intensités faibles [3]. Le système présentait en régime continu une unipolarité bien marquée. Les courbes tension-courant pour la direction du passage facile du courant (de CuS à Cu^2S) étaient des paraboles régulières. Au contraire pour le sens opposé, nous avions très sensiblement des droites.

L'allure caractéristique de ces courbes expérimentales rappelle la forme des caractéristiques prévues par Frenkel et Joffé [4] ou Wilson [5] qui considèrent la surface de contact métal semi-conducteur comme une lacune (gap), à travers laquelle des électrons passent en obéissant aux lois de la mécanique ondulatoire.

Le système étudié présente trois contacts. Nous croyons que parmi ces trois contacts, celui qui a le plus d'importance est le contact Cu/Cu^2S, les contacts Cu/CuS et CuS/Cu^2S jouant un rôle secondaire.

En effet le contact Cu/Cu^2S, formé d'un métal et d'un semi-isolant ($\rho = 1.10^2$ ohm.cm; Streintz, 1903), introduit dans notre système le plus de dissymétrie, tandis que le contact Cu/CuS formé d'un métal et d'un corps relativement bon conducteur [6] ($\rho = 40.10^{-6}$ ohm/cm) doit présenter une dissymétrie moindre, qui devient encore moins importante pour le troisième contact CuS/Cu^2S, formé de deux semi-conducteurs.

---

(1) Séance du 11 septembre 1933.
(2) Cayrel, *L'onde électrique*, 10, 1931, p. 74.
(3) Tubandt, *Zeits. f. anorg. und allg. Chem.*, 115, 1921, p. 123.
(4) Frenkel and Joffé, *Zeits. d. Sowietunion*, I, Heft 1, 1932, p. 60.
(5) Wilson, *Proc. Roy. Society*, 136, 1932, p. 487-498.
(6) Fichbeck et Dorner, *Zeit. f. anorg. chem.*, 181, 1929, p. 372.

Le sens du passage facile du courant est de CuS vers Cu^2S. Il correspond bien à celui prévu par la théorie, puisque pour cette direction le corps avec le plus grand nombre d'électrons libres (le Cu) du contact principal Cu/Cu^2S est négatif.

L'influence de l'autre contact Cu/CuS se manifeste quand on applique aux bornes du redresseur une d. d. p. alternative. Nous constatons dans ces cas que pour des d. d. p. efficaces inférieures à 0,56-0,7 volt, suivant la pression exercée aux électrodes (de 5 à 30 kg/cm²), le courant redressé est dirigé dans le sens Cu^2S — CuS. Au fur et à mesure que nous nous approchons de ces valeurs de la d. d. p. le courant inverse diminue, après avoir passé par un maximum, pour changer finalement de sens quand on applique des d. d. p. plus fortes. Le phénomène a été étudié pour des contacts analogues par Cayrel (¹), Mlle Collet (²) et Bergstein (³).

Nous croyons que la cause de ce redressement anormal dans le sens Cu^2S — CuS peut être attribué à la dissymétrie plus accentuée de la caractéristique statique du contact Cu/CuS au début. En effet, les caractéristiques statiques du système redresseur sont très sensiblement au début des droites de part et d'autre de zéro. Leurs pouvoirs redresseurs est donc nul. Mais si nous imaginons séparément la caractéristique pour chacun des contacts Cu/CuS et Cu/Cu^2S, nous voyons que bien que les paraboles soient sensiblement les mêmes (cathodes de Cu) les droites seront différemment inclinées vers l'axe des intensités, suivant la concentration en électrons par unité de volume dans chacun de deux corps. La droite du contact Cu/CuS sera donc plus inclinée vers les fortes intensités que la droite correspondant au contact Cu/Cu^2S. Il en résulte qu'au début le pouvoir redresseur du contact Cu/CuS serait différent de zéro, et le courant redressé sera par conséquent dirigé dans le sens Cu^2S — CuS. Pour des d.d.p. supérieures le courant redressé est dirigé dans le sens de la direction du passage facile du contact principal Cu/Cu^2S, qui commence à présenter un fort pouvoir redresseur.

Les courbes du courant redressé en fonction de la d.d.p.eff. aux bornes sont des paraboles régulières.

(¹) Cayrel, *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 451.
(²) Mlle Collet, *Comptes rendus*, 170, 1920, p. 1378.
(³) Bergstein, *Physical Review*, 39, August 1930, p. 1425.

SPECTROSCOPIE. — *Spectre d'étincelle du fer dans l'ultraviolet extrême.* Note de MM. **Léon** et **Eugène Bloch**.

Nous avons photographié le spectre d'étincelle du fer dans le domaine accessible au nouveau spectrographe à réseau tangent qui nous a servi déjà pour l'étude du cuivre, de l'or et de l'argent (¹). Ce domaine s'étend de 1350 à 300 A. Les étincelles utilisées sont des étincelles mixtes entre fer ordinaire et graphite pur. Elles sont peu condensées et extrêmement petites; les spectres qu'elles fournissent paraissent correspondre à une excitation assez modérée.

Les mesures ont été faites par interpolation parabolique entre les raies du carbone, dont les longueurs d'onde ont été empruntées aux dernières publications d'Edlén (²). Bien que la précision normale de notre appareil soit de 0,02 A, et semble atteinte pour un grand nombre des raies que nous donnons, des erreurs notablement plus grandes (0,1 A) peuvent affecter accidentellement quelques raies : les inégalités locales des plaques Schumann et la qualité insuffisante de certains repères sont les causes principales de ces anomalies.

La liste que nous publions est intéressante à comparer avec celle qu'ont obtenue Millikan, Bowen et Sawyer (³) au moyen du réseau à montage normal. Un assez grand nombre de raies se correspondent bien en position, mais les intensités relatives sont souvent extrêmement discordantes. Certaines régions apparaissent sur nos clichés comme vides de raies du fer (par exemple, la région 1300-1150) alors que les clichés des auteurs américains sont assez riches dans les mêmes régions. Des raies très intenses sont présentes chez eux et absentes chez nous, ou réciproquement. Ces désaccords demandent à être expliqués et nous espérons y parvenir par de nouvelles recherches. Il est à supposer que les variations d'excitation y jouent un grand rôle et que les spectres d'étincelle des différents ordres sont inégalement représentés dans les deux groupes de clichés.

(¹) Voir L. Bloch, E. Bloch et J. Farineau, *J. de Phys. et le Rad.*, 3, 1932, p. 437.

(²) Edlén, *Zs. f. Phys.*, 85, 1933, p. 85.

(³) Millikan, Bowen et Sawyer, *Astr. J.*, 53, 1921, p. 150.

Liste des raies du fer.

Int.	λ.	Int.	λ.	Int.	λ.	Int.	λ.	Int.	λ.
1...	1148,92	1...	852,04	0...	612,15	2.....	551,75	4imp?	526,31
0...	1129,27	1...	851,29	0...	611,10	0.....	551,46	4imp?	525,71
0...	1128,73	0...	850,48	2...	610,33	0.....	551,14	1d....	519,12
0...	1128,09	0...	848,84	2...	609,65	3.....	550,32	0.....	508,31
1...	1126,75	1...	848,10	3...	608,84	2.....	548,81	1.....	506,73
2...	1124,83	1...	847,47	3...	607,58	2d.V.	548,25	0.....	506,12
3...	1122,46	0...	846,60	0...	606,95	1.....	548,05	1.....	505,38
0...	1097,56	1...	846,00	0...	602,40	0.....	547,20	1.....	502,35
0...	1096,51	2...	845,42	3...	597,47	0.....	546,81	1t.d..	500,93
0...	1075,56	0...	844,91	0...	590,70	1.....	546,24	1.....	494,63
od..	1074,27	3...	844,29	0...	589,80	1.....	544,26	od.V.	492,27
od..	1073,12	1...	840,52	0...	587,70	1.....	542,77	0.....	491,80
0...	1051,79	1...	838,17	0?..	585,39	1.....	542,08	1.....	458,89
0...	991,88	1...	837,48	0...	584,51	0.....	541,31	0.....	458,23
1...	991,25	1...	836,64	0...	583,99	0.....	540,74	0.....	450,30
2...	985,79	0...	817,21	od..	583,17	0.....	540,08	0.....	449,95
3...	983,94	0...	816,29	1...	580,58	od...	539,36	0.....	419,03
2...	981,40	2...	813,44	2d..	579,67	1d...	538,93	0.....	418,44
2...	950,35	0...	811,41	2...	576,72	2.....	537,86	0.....	418,06
1...	899,41	1...	808,95	1d..	572,88	4.....	537,20	0.....	417,34
1d..	892,45	2t.d.	807,99	0t.d.	571,32	3.....	536,65	od....	395,90
2...	891,53	1...	807,71	2...	570,01	2.....	536,07	0.....	392,89
2...	891,17	0...	799,93	1...	569,65	1.....	535,59	0.....	392,37
2...	890,75	0...	730,99	1...	567,99	0.....	532,16	0?. ..	391,84
1...	881,04	1...	730,01	1...	565,30	1.....	531,89	1.....	388,24
1...	880,39	1...	728,80	1...	565,11	0.....	530,99	1.....	387,65
2d..	873,45	0...	693,30	0...	561,52	0.....	530,61	0.....	387,21
1...	864,05	0...	670,05	0...	556,03	od...	529,67	0.....	386,79
1d..	863,25	0...	668,36	1...	555,71	0.....	528,72	1.....	385,80
1...	862,66	1?..	667,07	1...	555,28	1.....	528,18	0.....	385,22
3...	861,82	2...	666,69	2...	554,30	1.....	527,96	1.....	384,96
1...	861,27	1...	661,36	1...	553,50	0?....	527,64	od....	383,45
od..	860,98	0...	654,65	2...	552,73	1.....	527,36	0.....	365,46
0...	860,55	0...	652,04	3...	552,15	4imp?	526,69	od....	364,99
4...	859,72								

RAYONS X. — *Émission X caractéristique d'éléments à l'état gazeux. Raies faibles dans le spectre K du krypton.* Note [1] de Mlle **Y. Cauchois** et M. **Horia Hulubei**, transmise par M. Jean Perrin.

Nous avons déjà publié une première détermination des longueurs d'onde des raies K de diagramme normales du krypton [2]. Quelques raies plus faibles se laissaient alors deviner sur nos clichés. Afin de les préciser, nous avons photographié à nouveau ce spectre dans des conditions expérimentales améliorées, comme il a été indiqué dans notre dernière Note relative au spectre K du xénon [3].

L'excitation du gaz par les électrons sortant du tube de Lenard-Coolidge (dans lequel la puissance consommée en régime est de 1 kilowatt) devait se faire sous environ 50 kilowatts; la pression du krypton était de dix centimètres de mercure. Une pose d'une vingtaine d'heures, sur Laue film Agfa, a donné, dans les deux premiers ordres, un spectre K normal fortement exposé et a montré très nettement quelques raies supplémentaires.

Nos efforts ont ici porté sur une étude plus précise et plus complète du groupe des raies $K\beta$.

Le spectre ayant été photographié avec une très bonne intensité dans le deuxième ordre, où la dispersion était d'environ 12 U. X. au millimètre, et la finesse assez grande pour que le doublet β_1 β_3 soit bien séparé, nous avons pu mesurer, non seulement β_1 et β_2, mais aussi β_3, par rapport aux mêmes raies de référence que précédemment, c'est-à-dire $K\alpha_1$ et $K\alpha_2$ du strontium. En outre, une première mesure de quelques raies beaucoup plus faibles, nous a conduits à les identifier comme suit :

1° β_4 : Transition interdite $KN_{IV\text{-}V}$. Dans le cas du krypton c'est une raie semi-optique.

2° β_5 : Transition interdite $KM_{IV\text{-}V}$.

3° Une raie d'étincelle que nous considérons comme analogue à celle trouvée par Ross, à la chambre d'ionisation, pour les éléments 42 à 47, et dont nous avons eu nous-mêmes la première preuve photographique dans les spectres du molybdène et du rhodium [4].

---

(1) Séance du 4 septembre 1933.

(2) *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1590; Y. Cauchois, *Thèse de doctorat*, Paris, 1933.

(3) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 1590.

(4) *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1294; H. Hulubei, *Thèse de doctorat*, Paris, 1933.

4° β_0 : Sur nos clichés, dans plusieurs ordres successifs, nous trouvons, dans l'émission du krypton, un satellite de β_1 vers les grandes ondes, qui paraît dans ce cas avec une intensité supérieure même à celle de β_5, pourtant elle-même assez intense pour les éléments voisins du krypton, étudiés à l'état solide. Il nous semble légitime de l'identifier provisoirement à une raie très faible que nous avons observée [1] pour les éléments 42 et 45 et désignée par $K\beta_0$; nous avions rapproché sa fréquence de celle de la transition doublement interdite KM_I, le niveau M_I étant vraisemblablement plus ou moins perturbé lors de cette émission. L'intensité relativement grande de $K\beta_0$ du krypton, dans les conditions de nos expériences, nous paraît remarquable et serait peut-être attribuable à l'état physique de l'élément ici excité. Dans les spectres des éléments solides voisins servant de référence, son intensité relative est beaucoup moindre, sur nos clichés.

Le tableau ci-dessous réunit les résultats de nos mesures.

36 Kr.	λ U.X.	$\frac{\nu}{R}$.	$\sqrt{\frac{\nu}{R}}$.
$K\beta_4$..........	863,47	1055,36	32,486
$K\beta_2$..........	864,34	1054,30	32,470
$K\beta_5$..........	869,04	1048,59	32,382
....	872,71	1044,18	32,314
$K\beta_1$..........	876,68	1039,46	32,241
$K\beta_3$..........	877,19	1038,85	32,231
$K\beta_0$..........	881,40	1033,88	32,154

Les déterminations ont été faites dans les deux premiers ordres. Les valeurs données ici pour β_4 et β_2 coïncident bien avec celles obtenues précédemment aux erreurs d'expérience près. Pour les autres raies étudiées les nombres retenus ne prétendent pas à une grande précision, car les mesures sont rendues difficiles par la qualité du film à double émulsion, que nous avions cependant dû choisir pour sa grande sensibilité ; nous voulions déceler pour un gaz des émissions qui, dans le cas ordinaire des solides même, n'ont pu être analysées que tout récemment, par suite des difficultés expérimentales.

---

(1) *Loc. cit.*

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur le déplacement de l'équilibre par variation de masse.* Note [1] de M. **J.-E. Verschaffelt**, transmise par M. Le Chatelier.

Il me semble qu'il y a une inexactitude dans les calculs que M. Étienne a faits dans sa première Note sous le même titre [2]. Son raisonnement est le suivant : On trouble un état d'équilibre pour lequel $F = \Sigma\nu_1\mu_1 = 0$, en augmentant la masse d'une des substances de dn_1 ; par là le potentiel Z du mélange est élevé et la réaction dx qui se produit le fait redescendre. Or M. Étienne perd de vue, je crois, qu'il redevient minimum et que par conséquent on ne peut pas écrire $dZ = F\,dx$; je trouve qu'il faut écrire

$$dZ = \frac{1}{2}\frac{\partial^2 Z}{\partial x^2}dx^2,$$

où, comme on le reconnaît sans difficulté,

$$\frac{\partial^2 Z}{\partial x^2} = \Sigma\nu_1\frac{\partial F}{\partial n_1}.$$

Avant le rétablissement de l'équilibre on avait donc

$$F = \frac{\partial Z}{\partial x} = \frac{\partial^2 Z}{\partial x^2}dx = \Sigma\nu_1\frac{\partial F}{\partial n_1}dx.$$

D'autre part, l'addition de dn_1 avait porté la grandeur F (qu'avec M. de Donder j'appelle l'affinité) de o à $\frac{\partial F}{\partial n_1}dn_1$. On a donc

$$(1)\qquad dx = \frac{\frac{\partial F}{\partial n_1}dn_1}{\Sigma\nu_1\frac{\partial F}{\partial n_1}},$$

c'est-à-dire que l'inégalité de M. Étienne, qui ne renseigne que sur les signes, est remplacée par une relation bien nette entre le déplacement dx de l'équilibre chimique et l'augmentation de masse dn_1.

Pour le reste, les conclusions de M. Étienne restent valables : dx_1 et dn_1 sont de même signe ou de signes contraires, suivant que $\frac{\partial F}{\partial n_1}$ est < 0 ou > 0, car il faut admettre que le dénominateur est positif, sans quoi le potentiel passerait par un maximum et l'équilibre serait instable.

---

(1) Séance du 11 septembre 1933.

(2) *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1887.

Appliquant à un mélange gazeux, on trouve

$$dx = \frac{\frac{q_1}{n_1} - \frac{\Sigma q_1}{\Sigma n_1}}{\sum \frac{q_1^2}{n_1} - \frac{(\Sigma q_1)^2}{\Sigma n_1}} dn_1.$$

Je ferai observer encore que M. Étienne suppose implicitement que la pression reste constante. Cela n'est pas nécessaire. Le raisonnement s'applique tout aussi bien dans le cas où le volume reste constant; mais alors Z représente l'énergie libre et les dérivées partielles doivent être prises à v (et T) constant. La formule (1) garde la même forme, mais appliquée à un mélange gazeux elle donne

$$dx = \frac{\frac{q_1}{n_1} dn_1}{\sum \frac{q_1^2}{n_1}}.$$

Ici la réaction s'opère toujours dans le sens prévu par la règle classique, pour les gaz du moins.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur le sulfate manganeux*. Note [1] de M. F. **Hammel**, transmise par M. G. Urbain.

Dans une étude [2] sur les chaleurs de dissolution du sulfate manganeux et de ses hydrates, de Forcrand a conclu, entre autres choses, à l'existence à l'état solide de deux monohydrates.

Récemment J. H. Krepelka et B. Rejha [3] ont préparé, en suivant les indications de de Forcrand, du sel anhydre et du monohydrate par hydratation du sel anhydre dans l'atmosphère du laboratoire. Les solutions décinormales obtenues à partir de ces deux substances donnaient, comme celle du pentahydrate, des abaissements sensiblement égaux : 0°,19, 0°,20, 0°,19. Au contraire, la solution décinormale, obtenue à partir du monohydrate préparé par cristallisation en solution bouillante, puis séchage à 135°, présentait un abaissement de 0°,12 seulement. D'après Kre-

(1) Séance du 31 juillet 1933.

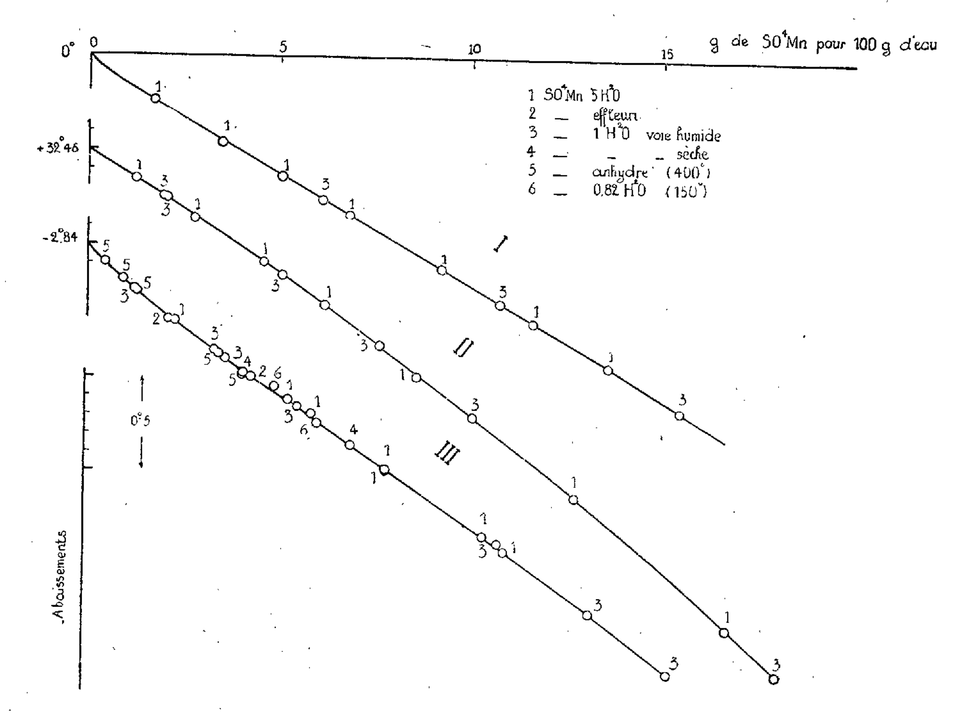
(2) R. de Forcrand, *Comptes rendus*, 158, 1914, p. 1760, et 159, 1914, p. 12.

(3) *Collec. trav. chim. de Tchécoslovaquie*, 3, 1931, p. 523.

pelka et Rejha le sulfate manganeux se trouve à l'état de dimère dans la dernière solution et à l'état de monomère dans les autres.

Nous nous sommes proposé de vérifier ces résultats et éventuellement de voir si les solutions n'évoluent pas avec le temps.

Des mesures cryoscopiques ont été faites sur une série de solutions de $SO^4Mn\,5H^2O$. On a porté en ordonnées les abaissements Δ et en abscisses



les concentrations, P, exprimées en grammes de sulfate anhydre pour 100g d'eau et tracé la courbe I. Les points relatifs aux solutions du monohydrate préparé à l'ébullition viennent se placer sur la même courbe, ce qui est en désaccord avec les expériences de Krepelka et Rejha.

La cryoscopie dans le sulfate de sodium décahydraté nous a fourni des résultats analogues. Tous les points se placent encore sur une même courbe, II, où l'on a, comme dans le cas de la cryoscopie ordinaire, rapporté les concentrations à 100g d'eau.

Nous avons enfin employé la méthode de l'abaissement du point d'eutexie de E. Cornec et H. Muller (¹) pour voir si les solutions ne subissaient

(¹) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1735.

pas de transformation. Le travail se faisant à basse température (Eutectique Glace-NO^3K, F = — 2°,84) les transformations possibles sont ralenties. En ajoutant les substances solides à l'eutectique agité mécaniquement on a, en moins de 5 minutes, une valeur approchée de l'abaissement. Seule une dépolymérisation rapide, dont la durée se confondrait pratiquement avec la période de dissolution du sel, pourrait passer inaperçue.

Les mesures ont été faites à partir des substances suivantes : 1° SO^4Mn5H^2O; 2° pentahydrate effleuri à la température ordinaire jusqu'à la composition $SO^4Mn, 1,37H^2O$; 3° SO^4Mn, H^2O cristallisé à l'ébullition, puis séché à 135°; 4° SO^4Mn, H^2O par déshydratation du pentahydrate à 100° dans le vide de la trompe à mercure; 5° SO^4Mn par chauffage à 400°; 6° $SO^4Mn, 0,82 H^2O$ par chauffage de 40 heures à 150° dans le vide de la trompe à mercure.

Dans aucun cas nous n'avons observé de transformation et tous les points se rangent sur la courbe III où les concentrations sont encore rapportées à 100g d'eau.

Les propriétés des solutions de sulfate manganeux ne dépendent ni du mode de préparation du sel employé ni de son hydratation.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur le titrage électrométrique des acides sulfureux, sélénieux et α-oxyalcoylsulfoniques.* Note ([1]) de M. **P. Rumpf**, présentée par M. G. Urbain.

Il semble bien acquis, depuis le travail de F. Raschig et W. Prahl ([2]), que les dérivés bisulfitiques des aldéhydes sont les sels de sodium des acides α-oxyalcoylsulfoniques, décomposables réversiblement dans leur solution aqueuse en anhydride sulfureux, aldéhyde et eau comme le chloro-1 ou l'amino-1-éthanol-1 le sont respectivement en éthanal et acide chlorhydrique ou éthanal et ammoniac. On peut encore rapprocher ce mode de décomposition de l'hydrolyse des éthers-oxydes α chlorés en aldéhyde, acide chlorhydrique et alcool.

La mesure de la constante de dissociation de ces acides permettrait de calculer la constante d'équilibre à partir des quantités d'anhydride sulfu-

---

([1]) Séance du 31 juillet 1933.

([2]) *Lieb. Ann.*, 448, 1925, p. 265-312.

reux et d'aldéhyde contenues dans la solution aqueuse et d'une simple mesure de pH, l'ionisation de l'acide sulfureux étant supposée connue.

La méthode utilisée par T. D. Stewart et L. H. Donnally (¹) dans leur étude approfondie du dérivé de l'aldéhyde benzoïque (titrage à l'iode de l'acide sulfureux non engagé dans la combinaison complexe) aurait pu ainsi être aisément recoupée. J'espérais aussi déduire de la comparaison des acidités des acides oxysulfoniques dérivés de divers aldéhydes une idée précise de l'influence du radical hydrocarboné et appliquer les différences trouvées à la précipitation successive des aldéhydes d'un mélange à l'état de sels insolubles d'un métal convenablement choisi, en suivant la précipitation par une série de mesures d'acidité.

Dans un milieu aussi sensible aux agents oxydants et réducteurs, on ne peut se servir d'une électrode à hydrogène, ni des indicateurs colorés ou de la quinhydrone qui réagissent sur l'acide sulfureux; l'emploi de l'électrode de verre paraît tout indiqué.

J'ai utilisé le montage en opposition de M. Courtines et J. Geloso (²) dans lequel une lampe triode électrométrique transforme de faibles différences de potentiel en variations de courant à travers une résistance; sensibilité : 1 millivolt; l'instrument de zéro est un galvanomètre. On étalonne chaque jour les électrodes à l'aide d'une série de tampons de pH connus.

Les solutions d'acide étaient conservées à l'abri de l'air, les aldéhydes soigneusement redistillés au moment de l'emploi, mais l'expérience a montré que, pour des concentrations ne dépassant pas la normalité, les mesures rapides vers 20° dans une électrode ouverte de Kerridge, des pH d'une série de mélanges de plus en plus riches en soude, étaient en bon accord avec les résultats fournis plus laborieusement par l'étude du titrage en vase clos à l'aide d'une électrode de Haber ou de Mac Innes et Dole.

Pour l'acide sélénieux, la courbe obtenue en portant les pH en ordonnées et les volumes de soude titrée en abscisses est parfaitement régulière et présente pour $0^{mol},5$ et $1^{mol},5$ de soude contre 1 d'acide, les deux points d'inflexion caractéristiques d'un diacide faible (pKH 2,4(2) et 8,0(8) en bon accord avec les valeurs adoptées par Willcox et Prideaux (³) comme moyennes de leurs déterminations colorimétriques). L'addition à l'acide de formol, d'éthanal, de butanal, d'heptanal ou d'aldéhyde benzoïque s'est montrée rigoureusement sans action, ce qui fournit une présomption à la fois en faveur de la pureté parfaite des aldéhydes utilisés et de l'impossibilité de formation directe des acides correspondants dérivés du sélénium

(¹) *J. Am. Chem. Soc.*, **54**, 1932, p. 2333-2340 et 3555-3570.

(²) *Journ. de Chim. Phys.*, **27**, 1930, p. 54-59.

(³) *Journ. Chem. Soc.*, **127**, 1925, p. 1543-1546.

ou de leurs sels alcalins, qui ne paraissent d'ailleurs pas avoir pu être préparés jusqu'ici.

La première acidité de l'acide sulfureux est trop forte pour se prêter à une détermination potentiométrique. Deuxième acidité : pKH 6,9(6). D'autre part le début de la courbe est extrêmement irrégulier, ce qui paraît correspondre à la présence d'une quantité notable d'anhydride dans la solution : l'étude des spectres d'absorption ultraviolets vient d'ailleurs confirmer cette hypothèse.

En présence d'aldéhydes on obtient un acide monobasique très fort. Cette suppression de la deuxième acidité est un fait bien connu; le pKH correspondant se trouve reporté au-dessus de 10 dans une zone où, pour le verre employé, toute mesure était impossible et où les électrodes étaient même légèrement endommagées.

L'étude d'une solution d'acide sulfureux, en présence d'un volume déterminé de soude et de quantités croissantes d'aldéhyde, montre que l'aldéhyde et l'acide réagissent molécule à molécule et que deux à trois molécules d'aldéhyde soluble, ou une agitation prolongée avec un excès non dissous d'aldéhyde peu soluble, suffisent pour transformer par action de masse pratiquement tout l'acide et l'anhydride sulfureux en acide oxysulfonique.

La réaction est très lente pour les faibles pH : il est bon d'effectuer le mélange en vase clos un jour ou deux avant le titrage. La courbe obtenue est alors parfaitement régulière, mais, avec tous les aldéhydes étudiés, le pKH observé dépend de la concentration. Ainsi, pour l'aldéhyde benzoïque, on passe approximativement de 1,5 à 1,0 si la concentration initiale varie de 0,09 à 0,3n.

Tous ces acides sont donc beaucoup trop forts pour que le titrage électrométrique puisse fournir une détermination correcte de leur constante de dissociation ou même une méthode de comparaison. En solution 0,5n par exemple, la dissociation électrolytique des dérivés de l'éthanal et du n butanal paraît encore à peu près totale.

Le coefficient d'activité de ces acides serait, à concentration égale, supérieur à celui de l'acide sulfurique lui-même. Ce fait, conforme d'ailleurs aux affirmations de W. Kerp [1], n'a rien de surprenant, car les acides sulfoniques ont en général des constantes de dissociation voisines de celle qui correspond à la première acidité de

---

[1] *Chem. Zkbl.*, 1907, II, p. 970.

l'acide sulfurique et les oxyacides sont toujours plus forts que les acides correspondants.

Le détail des mesures, les courbes de titrage, l'interprétation théorique des résultats et l'extension de cette étude au système plus complexe : eau, gaz sulfureux, amine, aldéhyde, seront publiés ultérieurement.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action de* PBr^3 *sur les α-oxy-nitriles éthyléniques.* Note (¹) de M. **R. Rambaud**, transmise par M. Urbain.

Lorsqu'on fait réagir sur le nitrile vinylglycolique

$$CH^2 = CH - CH\,OH - CN$$

le tribromure de phosphore au sein de CCl^4 ou mieux d'éther anhydre, on observe un léger échauffement et la précipitation d'un peu de gommes phosphoreuses. Traitée par l'eau, la phase liquide réagit avec énergie et ne conduit, par extraction à l'éther, qu'à des traces de produits halogénés. On isole, par contre, une quantité importante d'acide propionique.

La formation de cet acide dans de telles conditions paraît, à première vue, assez surprenante. Elle s'explique si l'on suppose la formation préalable de cyanure de propionyle $CH^3CH^2 - CO - CN$, suivie d'une hydratation de ce nitrile cétonique.

Nous avons pu vérifier l'exactitude de cette hypothèse. En distillant directement et sans le soumettre à l'action de l'eau le produit de la réaction de PBr^3 sur le nitrile-alcool, nous avons pu, en effet, isoler à côté de plus des deux tiers du PBr^3 intact un échantillon pur de cyanure de propionyle. Claisen (²) donne de ce produit un point d'ébullition qui concorde avec le nôtre (Éb. = 109°-110°), mais n'en fournit pas les constantes. Nous avons pu déterminer :

$$d_{23} = 0{,}958; \quad n^d_{23} = 1{,}392; \quad \text{R. M. calc.} = 20{,}63; \quad \text{théorie} = 20{,}51,$$

et mettre en évidence la fonction cétone par la formation d'une paranitrophénylhydrazone fondant à 205-206°.

Le nitrile $CH^3 - CH^2 - CO - CN$ est extrêmement sensible à l'action de l'eau : il s'y dissout, avec échauffement et décomposition, en quelques minutes; le liquide présente alors avec intensité les réactions de l'ion cyanhydrique et son extraction à l'éther fournit de l'acide propionique.

(¹) Séance du 24 juillet 1933.

(²) *Ber. d. Ch. Ges.*, **13**, 1880, p. 2121.

Il est donc certain que l'obtention d'acide propionique par action de PBr^3 sur la cyanhydrine $CH^2{=}CH-CHOH-CN$ est le résultat de deux réactions successives :

1° Une isomération :

$$(1)\qquad CH^2{=}CH-CHOH-CN \rightarrow CH^3-CH^2-CO-CN;$$

2° Une hydratation :

$$(2)\qquad CH^3-CH^2-CO-CN+HOH \rightarrow CH^3-CH^2-COOH+HCN.$$

L'isomération (1) est particulièrement intéressante. On peut la considérer comme une transposition allylique d'un genre spécial où le groupe migrant n'est pas le radical OH, comme on s'y attendrait, mais l'hydrogène qui l'accompagne; migration qui, si on l'envisage du point de vue ionique, constitue une *prototropie* au sens de Lowry [1] :

$$CH^2{=}CH-CHOH-CN \rightarrow \overset{-}{C}H^2-\overset{+}{C}H-\overset{-}{C}OH-CN \rightarrow CH^3-CH{=}COH-CN.$$

(migration de H^+ indiquée au-dessus de la formule intermédiaire)

Il y a ainsi formation d'énol, qui se cétonise par la suite

$$CH^3-CH{=}COH-CN \rightarrow CH^3-CH^2-CO-CN.$$

Il est assez remarquable que la migration de l'hydrogène se produise de préférence à celle du groupe OH. Il faut en voir la raison dans une mobilité particulièrement grande de l'hydrogène, laquelle peut résulter de sa situation entre deux carbones à liaisons multiples.

D'autre part, il est vraisemblable que la rapidité de l'isomérisation est assez grande. En effet le PBr^3 est presque tout entier retrouvé inaltéré et n'a pu, par conséquent, se trouver qu'un court instant en présence de fonctions alcooliques éthérifiables.

Des résultats absolument analogues sont obtenus avec l'homologue supérieur du nitrile vinylglycolique, le nitrile α-oxypenténique

$$CH^3-CH{=}CH-CHOH-CN.$$

Ce nitrile, obtenu suivant les indications de Fittig [2] et dont nous avons pu mesurer les constantes :

Éb. = 108-109° sous 17^{mm} (Fittig indique 132-134° sous 15^{mm});

$d_{19,5}=0,980$; $n^d_{19,5}=1,4445$; R.M. calc. = 26,32; théor. = 26,18,

(1) *Bull. Soc. chim.*, 35, 1924, p. 917.
(2) *Ann. der Chem.*, 299, 1898, p. 1 à 49.

traité par PBr^3 en présence d'éther anhydre conduit, après action de l'eau, à l'acide butyrique.

Enfin cette migration anormale n'est pas limitée au seul cas où l'hydrogène doit sa mobilité particulière à la structure

$$R = CH - CHOH - CN,$$

on l'observe encore dans les deux cas suivants :

$$R = CH - CHOH - C\begin{matrix} /\!\!/ O \\ \diagdown R' \end{matrix} \quad \text{et} \quad R = CH - CHOH - C\begin{matrix} /\!\!/ O \\ \diagdown H \end{matrix}$$

non pas, cette fois-ci, avec PBr^3 comme réactif, mais sous l'influence des alcalis ou des acides. Les esters de l'acide vinylglycolique se saponifient rapidement par KOH, mais fournissent un mélange, en proportions à peu près égales, d'acide alcool et d'acide propionylformique. L'acide vinylglycolique lui-même (¹) s'isomérise lentement à chaud, par HCl ou NaOH dilués, en acides cétoniques isomères. On ne constate, par contre, dans ces divers cas, aucune tendance à obtenir des acides γ-alcools, comme il devrait s'en former s'il y avait transposition allylique de l'oxhydrile.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Recherches sur les oxydes organiques dissociables : sur un deuxième isomère de l'oxytétraphénylrubène.* Note de M. **Enderlin**, présentée par M. Delépine.

La propriété d'être dissociable que possède l'oxytétraphénylrubène donne un intérêt spécial à toutes les propriétés de ce corps, mais surtout à ses transformations isomériques en oxydes qui ne sont plus dissociables. La présente Note a pour but de faire connaître un nouvel isomère de cet oxyde dissociable qui se forme très simplement par l'action des acides.

Un premier isomère a déjà été préparé et décrit (²). Le nom d'isooxytétraphénylrubène [nouvelle nomenclature (³)] qu'il a reçu est justifié par le fait que ce composé, s'il ne dégage plus d'oxygène libre comme l'oxyde primitif, est encore réductible en rubène, à la structure duquel il reste donc étroitement rattaché.

(¹) Van Sleen, *Rec. T. C. Pays-Bas*, **21**, 1902, p. 209.

(²) Charles Dufraisse et Marius Badoche, *Comptes rendus*, **191**, 1930, p. 104.

(³) Charles Dufraisse, *Bul. Soc. chim.*, 4ᵉ série, **51**, 1932, p. 1486.

Il n'en est plus de même pour le deuxième isomère que je viens d'isoler. Celui-ci se forme régulièrement lorsqu'on agite une solution benzénique d'oxytétraphénylrubène avec une solution d'acide fort, tel que l'acide sulfurique à 50 pour 100, l'acide chlorhydrique et d'autres.

Après purification dans le benzène, il fond instantanément, mais avec décomposition, vers 205°. D'après l'analyse élémentaire et la cryoscopie, sa formule est $C^{42}H^{28}O^{2}$, $C^{6}H^{6}$, c'est-à-dire celle de l'oxytétraphénylrubène, plus une certaine quantité de solvant de cristallisation, qui a été évaluée à une molécule.

Traité par le réactif de Grignard, ce nouveau produit donne naissance à un dégagement gazeux, correspondant à un atome d'hydrogène mobile.

Ressemblant en cela à l'oxyrubène qui lui a donné naissance, il est instable. Exposé à la lumière, il se décompose déjà à froid, mais plus rapidement à chaud. Pourtant, différence essentielle avec l'oxyrubène, sa décomposition thermique ne donne pas la moindre trace d'oxygène ou de rubène; elle ne conduit qu'à des composés non définis. La dissociabilité, propriété fondamentale de l'oxyrubène, a disparu.

Mais si son instabilité le rapproche de l'oxyrubène, elle l'éloigne du premier isomère connu, l'isooxyrubène, qui, on le sait, est tellement résistant à la chaleur qu'il peut distiller inaltéré.

De plus, alors que par réduction l'isooxyrubène régénère intégralement le rubène, il n'en est plus de même ici. Traité par le zinc et l'acide acétique à l'ébullition, ce nouvel oxyde donne presque quantitativement un hydrocarbure dérivé du rubène, dont la constitution a déjà été établie [1] et qui est le diphényl-9.11-diphénylène-9.12.10.11-dihydro-9.11-naphtacène

$C^{6}H^{5}$

$C^{6}H^{5}$

---

[1] Charles Dufraisse et Léon Enderlin, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 183.

On peut en conclure que, si par son mode de formation le produit décrit s'apparente au pseudo-rubène, il n'en reste pas moins, par sa facile transformation en naphtacène, en relations assez étroites avec le rubène lui-même.

PÉDOLOGIE. — *Les sols rouges méditerranéens de France et leurs roches mères*. Note de M. **V. Agafonoff.**

Des recherches sur le terrain et au laboratoire permettent de démontrer que les sols rouges méditerranéens typiques de France se forment sur les calcaires et les dolomies purs. Les analyses chimiques montrent que ces roches mères, traitées par HCl à 10 pour 100, laissent un résidu insoluble ne dépassant pas 1 1/2 pour 100 et que la solution obtenue ne renferme pas plus de 1/2 pour 100 d'oxydes de fer et d'alumine. Ces sols rouges ne se trouvent pas en couches horizontales régulières, mais pénètrent dans les fissures des roches mères plus profondément qu'ailleurs et remplissent des poches. Ce genre de pénétration est dû à la structure même des calcaires et des dolomies parcourus par de petites fissures microscopiques et souvent même ultramicroscopiques. Elles sont remplies par des solutions aqueuses de propriétés physiques très variées; dans les conduits les plus importants se trouve l'eau ordinaire en gouttelettes, et dans ceux qui sont invisibles même au microscope, se trouve l'eau de capillarité (adsorbée). Cette dernière eau, grâce à son attraction par les particules solides, ne peut être chassée qu'à une température très élevée. Nos recherches montrent que la quantité de cette eau (plus exact des solutions aqueuses) est en moyenne de 1 pour 100. Elle s'élimine par calcination avec le CO^2 et les substances organiques. Dans les calcaires et dolomies (17 échantillons) on trouve de 0,2 à 0,24 pour 100 (calculé en carbone) de substances organiques. Quant à l'eau hygroscopique, qui s'élimine à la température de 105° à 110°, on en trouve de 0,03 à 0,24 pour 100.

Les plaques minces montrent que les hydroxydes colloïdaux de fer, d'alumine, et, parfois, de silice, s'accumulent dans les fissures microscopiques entre les individus cristallins et profitent même de leurs fissures accidentelles pour s'y infiltrer. Il n'est donc pas douteux que le fer et l'alumine, de même que la silice amorphe de ces sols rouges peuvent avoir pour origine la quantité infime d'éléments existant dans les sédiments, mais il est vraisemblable que la plus grande masse de ces éléments s'y est intro-

duite progressivement du dehors, à l'état de suspensions colloïdales, grâce à la structure réticulée ultramicroscopique et aux fissures. Si, avec Reifenberg, l'on peut admettre dans les sols rouges, formés sur les calcaires, une migration ascendante, pendant les périodes chaudes, de solutions colloïdales de fer peptisé par la silice amorphe, il faut, à mon avis, admettre également la migration descendante des mêmes solutions importées du dehors pendant les périodes pluvieuses et plus froides. Cette dernière supposition devient même évidente quand on compare les quantités relativement grandes de fer (3,43-5,09 pour 100 Fe^2O^3) des sols rouges aux quantités minimes de cette même substance ($<$ 0,5 pour 100) qui se trouvent dans les roches mères calcaires et dolomitiques. La coloration de nos sols rouges dépend certainement, comme on l'a déjà indiqué, de la forme sous laquelle le fer entre dans la solution colloïdale (fer ferreux, fer ferrique, à divers stades d'hydratation); la solution rouge de fer peptisé doit se trouver dans des conditions telles, qu'elle peut conserver sa coloration, ce qui conduit à supposer que les substances humiques existant dans les sols rouges ne modifient pas cette solution jusqu'à lui enlever sa coloration. Mais, si l'on tient compte de ce que dans les régions à climat plus humide, l'humus de caractères différents possède cette propriété destructive, on peut en conclure que les sols rouges méditerranéens doivent être considérés comme des sols climatériques.

En examinant les analyses chimiques globales des sols rouges méditerranéens de France, on voit que le rapport de CaO et MgO reste presque le même; les pertes au feu (de 7,65 pour 100 à 7,80 pour 100) et les pertes à 105°-110° (2,39 pour 100 à 2,63 pour 100) sont aussi semblables.

On trouve beaucoup plus de données pour juger du type de ces sols rouges dans la méthode de Gédroitz, qui consiste à attaquer le sol par HCl (0,05 N) et, si le sol est fortement carbonaté, par le NaCl normal. Cette réaction a été proposée par Gédroitz et par Hissink pour la détermination des *bases absorbées*. Les analyses montrent que les quantités de CaO et MgO sont beaucoup plus fortes dans ces sols que dans les sols podzoliques et les sols bruns, de même que dans les sols latériques rouges indochinois.

Le traitement du sol par KOH à 5 pour 100 proposé par Gedroitz pour la détermination de la silice amorphe, et de la composition du complexe absorbant donne des indications très nettes, et notamment : une grande proportion de kaolin, s'élevant à 4,7 pour 100 dans les eaux d'extraction, et la prédominance infime dans ces eaux tantôt de l'alumine sur la silice,

tantôt de celle-ci sur l'alumine, alors que l'alumine prédomine, dans ces conditions toujours, sur la silice dans les sols latéritiques.

La morphologie des sols rouges méditerranéens de France, leur composition chimique, leurs colloïdes, leur pH, l'étude de leurs complexes absorbants et des bases absorbées, ainsi que l'analyse thermique (1), nous conduisent à la conclusion que ces sols constituent un sous-type indépendant de la région méditerranéenne, très nettement différent, d'une part du type podzolique, d'autre part des types latéritiques rouges tropicaux et subtropicaux. Ce sous-type prend naissance sur des dolomies et sur des calcaires purs sous l'influence du climat méditerranéen.

BOTANIQUE. — *La formation et le rôle des* papilles scortéales *chez les Lichens.* Note (2) de M. **R. Dughi**, présentée par M. L. Mangin.

M. et Mme Moreau, en 1926 (3), ont nommé *papilles scortéales* des isidies de nature spéciale qui font saillie sur le cortex supérieur des *Parmelia* tels que le *P. scortea*, et qu'ils ont définies : « des papilles spéciales, à première vue assimilables à des isidies, mais qui présentent dès le début, et conservent à leur sommet une modification du cortex qui annonce la formation de sorédies dont la production est d'ailleurs indéfiniment ajournée ».

Ces productions avaient, au reste, été déjà signalées par Acharius, puis par d'autres auteurs, et plus récemment étudiées par Rosendhal (4).

Nos récentes observations sur le *P. scortea* Ach. type, très commun en Basse-Provence, et aussi sur sa variété *pastillifera* Harmand, plus rare, mais néanmoins encore assez fréquente notamment sur les branches des hêtres de la Sainte-Baume, nous ont amené à établir de façon, croyons-nous, plus précise qu'ils ne l'ont été jusqu'ici, les détails d'organisation et le rôle de ces formations que nous envisagerons de préférence dans la var. *pastillifera*.

Cette variété, qui n'a jamais été étudiée à ce point de vue, offre l'avantage que les papilles y sont de dimensions plus grandes, d'où le nom du Lichen et, par suite, d'examen plus facile.

(1) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 166.
(2) Séance du 24 juillet 1933.
(3) *Bull. Soc. bot. France*, **73**, 1926, p. 356.
(4) *Abh. d. K. Leop.-Carol D. Akad. der Naturforscher*, **87**, III, 1907, p. 419.

Ce sont tout d'abord, surtout vers les bords du thalle, de minuscules verrues dont le sommet brunit rapidement; puis ces verrues s'élèvent progressivement en s'élargissant seulement dans la partie supérieure, pendant qu'elles restent, au contraire, étroites à la base, qui forme ainsi finalement une sorte de pédicule. Et l'aspect définitif est celui d'un petit corps turbiné, plus ou moins régulier, très rétréci à la base, à surface supérieure noirâtre, plus ou moins déprimée et mamelonnée.

Anatomiquement, et c'est ce qui caractérise encore ces formations, comparées aux isidies ordinaires, la différenciation est très prononcée, car :

1° Le sommet du cortex, qui est cependant originellement le cortex supérieur du thalle, acquiert exactement, par l'épaississement et le brunissement des parois des hyphes, les caractères du cortex inférieur du thalle, la ressemblance étant complétée par l'apparition des rhizines;

2° A l'intérieur, la région centrale, où se mêlent hyphes et gonidies, se différencie : il se fait une médulle, et c'est à la limite du cortex, sauf sous la face supérieure déprimée, que s'établit la zone gonidiale, bien distincte.

Toute cette organisation, qui représente une forme plus évoluée que dans les papilles du type — et c'est le grand intérêt de l'étude de la variété — correspond nettement à la définition, telle que l'a donnée M. R. Werner [1], d'un jeune thalle secondaire. C'est donc comme un bourgeon lichénique complet, bourgeon qui, comme la papille de l'espèce type, va s'affranchir, mais à un état de plus grande différenciation. Lorsque, en effet, son organisation est achevée, une rupture se produit, sous l'influence de la pluie ou de tout autre cause, au niveau de son insertion sur le thalle, par suite du rapprochement et de la soudure des parties du cortex supérieur auxquelles il adhérait jusqu'alors. C'est ce qui explique que, mélangées sur le thalle aux formations encore en place, se trouvent de plus ou moins nombreuses formations analogues, mais libres, et dont beaucoup se sont retournées, prenant leur position normale. Car on remarquera que, en raison de son mode de différenciation, la papille est, à l'origine, sur le thalle mère — ce que n'est pas l'isidie ordinaire — un thalle inversement orienté, son cortex inférieur, avec ses rhizines, étant tourné vers le haut.

A la surface du thalle mère, de petites cicatrices correspondent maintenant aux anciens points d'attache des papilles tombées.

Ce détachement des bourgeons, leur structure de thalle secondaire, ne peuvent déjà laisser aucun doute sur leur rôle, car, beaucoup plus diffé-

---

(1) *Histoire de la synthèse lichénique* (*Mém. Soc. Sc. nat. Maroc*, 27, 1931, p. 37).

renciés que des sorédies, munis même de rhizines, ils sont bien plus prêts que les sorédies à redonner par simple accroissement, comme, au reste, nous l'avons directement constaté, de nouveaux thalles.

Mais une autre preuve de leur rôle découlerait encore du fait que le *P. scortea* et sa variété sont bien connus comme des Lichens ayant rarement des apothécies, n'ayant jamais de sorédies, et dont le thalle est d'une consistance qui n'est pas favorable à la fragmentation. Il leur faut donc un autre moyen de propagation qu'ils trouvent dans ces papilles scortéales. Et ces papilles sont bien ainsi, pour ces Lichens, et sans doute pour d'autres, des corps de multiplication de première importance.

ZOOLOGIE. — *Les Oncidiadés, mollusques à silice.* Note (1) de M. **Alphonse Labbé**, transmise par M. L. Joubin.

J'ai fait connaître (2) l'existence de spicules siliceux dans le manteau de deux espèces d'Oncidiadés (3) : fait remarquable dans le règne animal, où la silice, à l'état figuré, n'était connue que chez quelques Protozoaires et Éponges.

Je puis maintenant, non seulement confirmer, mais étendre cette nouvelle donnée, car j'ai trouvé des formations siliceuses dans toutes les espèces d'Oncidiadés que j'ai pu étudier; elles se montrent même chez notre petite *Oncidiella celtica* Cuv. indigène, où elles n'ont jamais été vues, et où cependant les spicules tégumentaires, subsphériques et très petits (10-14$^{\mu}$), bourrent tout le manteau.

La localisation des spicules siliceux varie suivant les espèces. Chez *Oncidiella maculata* Plate, *Oncidium Leopoldi* mihi, les spicules pressés les uns contre les autres, et longs de 30-60$^{\mu}$, forment dans le notaeum une carapace silicieuse qui s'arrête au périnotum. Chez *Oncidium griseum* Plate, *Oncidium Astridæ* mihi, *Oncidium Straelenii* mihi (4), les spicules sont limités à l'hyponotum, et chez *Oncidium Peronii* Cuv. au perinotum.

(1) Séance du 25 septembre 1933.

(2) *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 533.

(3) L'espèce que, dans ma première Note, j'avais dénommée *Oncidiella patelloïdes* Q. et G., est en réalité une espèce nouvelle : *Oncidium Leopoldi* mihi.

(4) Ces espèces nouvelles seront décrites prochainement dans un fascicule des *Résultats scientifiques du voyage aux Indes Orientales Néerlandaise de LL. AA. RR. le prince et la princesse Léopold de Belgique*, in : *Mémoires du Musée R. d'Hist. nat. de Belgique* (hors série).

Les spicules se forment dans les glandes cutanées, comme je l'ai déjà indiqué, mais aussi (*Oncidium Peronii* Cuv.) dans des cellules géantes, à cytoplasme basophile, pourvues d'un linôme; il est probable que celles-ci répondent aux « cellules géantes » de Stantschinsky auxquelles cet auteur attribue la formation des cellules cristalliniennes des yeux dorsaux. Mais je ne sais pas ce que sont les « cellules à concrétions » de Semper, ou à « otolithes » de Von Lendenfeld, concrétions ou otolithes que ces auteurs supposent formées de carbonate de chaux, et que je n'ai vues nulle part.

La silice ne se présente pas seulement dans les téguments. Dans certains Oncidiadés, le pénis possède un revêtement d'éléments particuliers : éléments « cartilagineux » de Semper, « chondroïdes » de Plate, Bretnall, Hoffmann, etc., ainsi que des crochets internes chondroïdes. J'ai vérifié chez *Oncidium Straelenii* que tous ces éléments sont des cellules aplaties silicigènes aboutissant à des plaques siliceuses complexes qui seront décrites ultérieurement. Même dans les espèces où il n'y a pas d'éléments chondroïdes, les parois du pénis sont bourrées de sable siliceux.

Enfin, il est plus remarquable encore que les cellules cristalliniennes des yeux dorsaux des *Oncidium* ne sont probablement que des glandes silicigènes dont elles ont la structure et la résistance aux acides forts.

Dans toutes ces formations, la cellule silicigène, que ce soit une glande cutanée, ou une cellule aplatie de revêtement du pénis, ou une cellule cristallinienne, se présente avec le même aspect : une enveloppe cellulaire épaisse à double contour, un gros noyau central ou périphérique entouré d'un croissant de cytoplasme, et un contenu granuleux où les granules sphériques ou anguleux très petits, mesurant au plus 1 μ, et de taille sensiblement égale, (sable siliceux) peuvent s'agglomérer en une masse homogène, amicronique, de silice.

La quantité de silice contenue dans une Oncidie est considérable. Une *Oncidiella celtica*, longue de 1^{cm} et pesant $0^g,37$, contient approximativement $0^g,04$ de silice, soit environ $1/10^e$ de son poids (chiffre probablement exagéré, car il faut tenir compte des impuretés).

Les Oncidiadés sont donc des *Mollusques à silice*, comme les autres Mollusques sont des animaux à calcaire.

Outre la recherche de la silice dans le sang et divers organes, nous nous proposons de rechercher quelle est également la teneur en calcium, et si, comme nous le pensons, la proportion de calcaire chez une Oncidie n'est pas inverse de celle de la silice. En fait, on ne voit pas de formations calcaires, et des trois sortes de cellules constantes que Barfurth et Frenzel ont

observées dans le foie des Gastéropodes, manquent les cellules à phosphate de chaux.

Voici donc un fait biochimique important et qui caractérise tout un groupe de Mollusques ; groupe, du reste, très homogène et dont la morphologie est cependant bien spéciale. Cette morphologie, d'ailleurs, ne paraît influencée par la fonction silicigène que dans la mesure où interviennent les propriétés particulières de la silice, par exemple les qualités physicochimiques des téguments et l'évolution, ou même, la physiologie des yeux dorsaux. Quoi qu'il en soit, cette question nouvelle pose un nombre considérable de problèmes que nous essaierons progressivement de résoudre.

PHYSIOLOGIE. — *Réactions psychomotrices visuelles en relation avec l'éblouissement par projecteur d'automobile.* Note [1] de MM. **Escher Desrivières, Robert Faillie, Jonnard et Vial**, transmise par M. d'Arsonval.

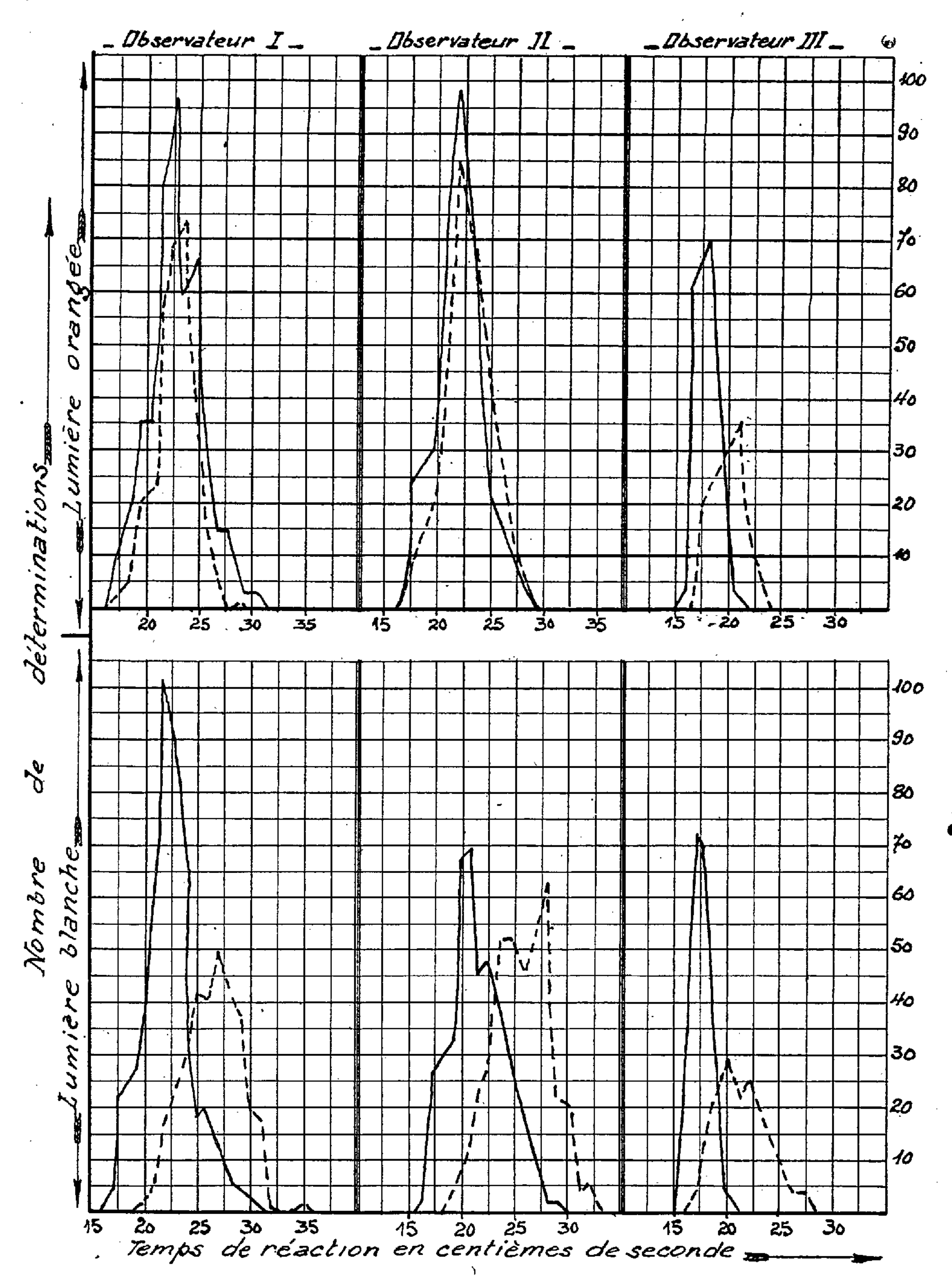
Étant donné que, pour un observateur, le temps de réactions psychomotrice visuelle est constant pour un éclairement déterminé d'un test, nous nous sommes proposés d'étudier les modifications de cette constante : 1° lorsqu'une glace orangée est interposée entre les yeux de l'observateur et le test ; 2° lorsque l'observateur est soumis à l'action d'un projecteur éblouissant, la glace de couleur étant présente ou absente.

La glace utilisée de nature spéciale, complètement opaque pour les radiations de longueur d'onde inférieure à $\lambda = 5200$, a un coefficient de transmission de 0,20 pour $\lambda = 5400$; 0,70 pour $\lambda = 5600$ et 0,82 pour $\lambda = 5800$. Comme matériel éblouissant nous avons employé un petit projecteur situé à $3^m,80$ de l'observateur et émettant en faisceau dont l'axe faisait un angle de 20 degrés avec la direction de visée du test. L'éclairement du test et celui du plan de la pupille par le projecteur éblouissant se mesuraient respectivement par les nombres 14 et 12 lux. Les mesures de temps de réactions échelonnées en plusieurs séries de déterminations, ont été effectuées par trois observateurs.

Nous publions les courbes statistiques de dispersion déduites des résultats.

Le nombre de déterminations effectuées en lumière blanche sans éblouissement était respectivement, pour les observateurs I, II, et III, de 320,

(1) Séance du 25 septembre 1933.



Courbes statistiques de dispersion.
———— sans éblouissement.
- - - - - - - - - pendant éblouissement.

240, 280, et avec éblouissement de 200, 240, 200. En lumière orangée, il a été effectué 320, 320 et 280 mesures sans éblouissement et 200, 240, 200 avec éblouissement. La figure représente les courbes de dispersion construites en portant en abscisses les temps de réactions en centièmes de seconde et en ordonnées le nombre de déterminations effectuées. Pour l'observateur III, les courbes, en dehors de tout éblouissement, sont particulièrement aiguës; on a réduit de moitié l'échelle des ordonnées pour les courbes relatives aux déterminations effectuées par ce sujet. A titre complémentaire nous indiquons également les moyennes arithmétiques des valeurs des temps de réaction : en lumière blanche sans éblouissement T_1, avec éblouissement T_2, en lumière orangée avec éblouissement T_3, les valeurs T_2-T_1 et T_3-T_1 et aussi les rapports R entre ces quantités et le temps normal de réaction T_1.

Observateurs.	T_1.	T_2.	$T_2 - T_1$.	R_1.	T_3.	$T_3 - T_1$.	R_2.
Obs. I	22,0	26,7	4,7	0,213	22,7	0,7	0,032
» II	22,0	26,0	4,0	0,181	22,5	0,5	0,022
» III	17,8	21,5	3,7	0,207	20,0	2,2	0,123

Conclusions. — On constate :

1° Qu'en dehors de tout éblouissement, en moyenne, pour les trois observateurs, les augmentations des temps de réaction imputables à l'emploi de la glace orangée sont respectivement de 1, de 0,6 et de 0,2 centièmes de seconde.

2° En lumière blanche la gêne apportée par le projecteur se traduit par un aplatissement des courbes de dispersion, un décalage des maxima et un accroissement relatif moyen R_1 des temps des réactions de 20 pour 100 environ.

3° La glace jaune exerce une protection efficace contre l'éblouissement. Pour les observateurs I et II les courbes relatives à l'éblouissement en lumière jaune ne diffèrent pas notablement de celles relatives aux mesures effectuées en lumière blanche sans éblouissement. Pour l'observateur III la protection apportée par la glace jaune est moindre mais encore notable.

Dans les conditions où nous nous sommes placés, on peut conclure que l'emploi d'une glace jaune améliore les temps de réactions psychomotrices visuelles d'un observateur ébloui par un projecteur d'automobile.

PHYSIOLOGIE. — *Les caractères distinctifs de la dépense azotée minima spécifique et du métabolisme protéique exogène.* Note de M. **Émile-F. Terroine** et Mlle **Germaine Boy**, transmise par M. d'Arsonval.

Les caractères distinctifs proposés par Folin, pour séparer le métabolisme endogène du métabolisme exogène sont universellement connus. Ils sont fondés sur la comparaison des résultats de nombreuses analyses d'urines récoltées chez des hommes soumis à des régimes différemment riches en protéines. Cette manière de faire comporte de graves inconvénients : elle accepte comme valable pour toutes les espèces ce qui pourrait n'être exact que chez l'homme; elle n'atteint pas dans leur pureté les seuls éléments du métabolisme endogène; dans l'alimentation azotée abondante, elle confond déchets endogènes et exogènes. Nous avons donc essayé de tracer avec plus de précision et chez diverses espèces (Porc, Lapin, Rat) les traits distinctifs des deux types de métabolisme grâce à l'étude de la répartition de N urinaire chez chaque sujet lors de l'alimentation glucidique stricte et ensuite lors d'un régime très riche en protéines. Les caractères de la dépense minima sont immédiatement atteints dans la première étude; ceux de la dégradation exogène le sont par différence entre les excrétions totales au régime protéique et celles que la période antérieure a montré revenir au métabolisme endogène. Nous devons nous contenter ici de dégager les conclusions essentielles de nos observations réservant pour un prochain Mémoire l'exposé bibliographique et les comptes rendus expérimentaux.

1° Conformément à l'opinion déjà longuement développée par l'un de nous [1], à l'opposition classique des métabolismes azotés endogènes et exogènes, il convient de substituer les notions plus précises de *dépense azotée minima spécifique* et de *dépense azotée contingente*, que cette dernière soit endogène (inanition) ou exogène (alimentation prot. riche).

2° Les déchets des deux catégories de dépenses se répartissent en deux groupes distincts :

Des éléments différentiels : créatinine, uniquement liée à la dépense spécifique; créatine, uniquement liée à la dépense contingente;

Des éléments communs dont certains n'ont d'ailleurs pas nécessairement

---

[1] *Le métabolisme de l'azote.* Presses Universitaires de France, Paris, 1933.

même origine : urée, NH^3, peptides et acides aminés, allantoïne, purines, S acide et neutre. Ce dernier, contrairement à l'opinion de Folin, étant, en effet, produit aussi par la dégradation des protéines alimentaires.

3° Tandis que la répartition des déchets afférents à la dépense minima varie considérablement chez les diverses espèces animales, celle des matières provenant des protéines alimentaires est à peu près identique chez toutes. Le tableau ci-dessous est, à cet égard, particulièrement démonstratif; les valeurs étant exprimées en pour 100 de N total.

	N de urée.	N de NH^3.	N aminé.	Somme : N de urée. N de NH^3. N aminé.	N allantoïne.	N purique.	N créatinine.	N créatine.
				Dégradation endogène minima.				
Porc	46,4	4,0	12,0	62,4	12,2	2,7	22,6	0,08
Lapin	70,7	1,2	2,2	74,1	5,1	0,6	6,6	0,00
Rat	40,8	5,4	1,9	48,1	13,6	1,0	3,5	–
				Dégradation exogène.				
Porc	87,4	2,4	1,6	91,4	2,8	0,4	0	1,0
Lapin	87,3	0,44	2,2	89,4	4,0	0,15	0	–
Rat	87,9	2,5	1,0	92,6	7,0	–	0	0,03

4° *Le coefficient d'oxydation protidique*, très différent dans le métabolisme minimum chez les diverses espèces étudiées, est identique pour la dépense exogène et toujours très élevé, 96 à 98. La supériorité du *coefficient d'oxydation purique* dans le métabolisme exogène est également marquée : 96,5 contre 87,8 chez le lapin; 89,0 contre 81,0 chez le porc; 98,9 contre 92,3 chez le rat. Pour des raisons qui restent entièrement à dégager, l'oxydation est donc toujours moins poussée lorsque est atteint le niveau minimum de dépense azotée.

5° La production de NH^3, parfois considérablement plus élevée en valeur absolue dans le métabolisme protéique exogène que dans la dépense spécifique minima, est toujours beaucoup plus faible lorsqu'elle est rapportée à la somme « N urée + N de NH^3 + N aminé ». Ainsi, chez les quatre rats étudiés la part de NH^3 dans cette somme est, en moyenne, de 10,8 pour 100 dans la dépense minima, de 2,1 dans la dégradation des protéines exogènes. Mêmes faits chez le Porc et le Lapin. L'abaissement relatif du rejet ammoniacal lors de la substitution d'un régime protéique au régime glucidique n'est pas nécessairement accompagné par un relèvement du pH.

6° Le taux d'excrétion de la créatinine reste rigoureusement constant, quelque importantes que soient les vaiations de niveau du métabolisme protéique. En revanche la créatine urinaire, nulle lors du minimum de dépense endogène spécifique, apparaît, chez le sujet en eroissance, dès l'introduction du régime protéique; elle croît proportionnellement à la richesse azotée de ce régime. Malgré la parenté chimique des deux corps, il est très vraisemblable que les excrétions respectives de créatinine et de créatine relèvent de processus physiologiques entièrement distincts.

PHYSIOLOGIE. — *La formation synthétique de la créatine aux dépens des protéines tissulaires.* Note de Mlle **Gertrude Pariset**, transmise par M. d'Arsonval.

Les recherches de Terroine et de ses collaborateurs ont montré que la présence de créatine dans l'urine et son taux sont intimement liés à l'existence d'une dégradation azotée non spécifique et à son intensité, qu'il s'agisse de métabolisme protéique exogène ou d'un accroissement de destruction endogène provoqué par l'inanition complète ou l'administration de poisons variés.

D'autre part, l'étude de la répartition de N urinaire lors du minimum de dépense endogène amène la constatation d'un rapport N créatinine/N total beaucoup plus élevé que le rapport N créatine/N total de l'organisme. Si l'on voit, comme on le fait souvent, l'origine de la créatinine urinaire dans la transformation de la créatine des tissus et particulièrement des muscles, il faut donc admettre une reconstitution de la créatine, les travaux de Chanutin ayant montré que le rapport N créatine/N total de l'organisme est exactement le même chez les sujets inanitiés et chez les animaux normaux.

Dans tous les cas, on est conduit à penser que la créatine doit se faire aux dépens des protéines de l'organisme tout comme elle se fait certainement aux dépens des protéines alimentaires. Pour apporter la preuve certaine d'un tel processus, nous avons fait appel au procédé déjà employé par Terroine et Mlle Mourot dans un cas analogue, la synthèse des purines : déterminer le contenu total en créatine et créatinine d'un certain nombre de sujets normaux; calculer à l'aide des données acquises les contenus probables d'autres sujets; soumettre ces derniers à une inanition prolongée jusqu'à la mort et mesurer d'une part les quantités de créatine et de créati-

nine rejetées au cours de l'inanition et de l'autre, celles présentes dans l'organisme au moment de la mort; comparer enfin, les quantités totales récupérées et celles présumées présentes au début.

Les résultats de ces recherches, poursuivies sur des lapins, extrêmement laborieuses et nécessitant l'acquisition d'un grand nombre de données numériques, seront bientôt consignées dans un Mémoire étendu. Nous en extrayons dans le tableau ci-dessous les points essentiels.

Numéro du sujet.	Durée de l'inanition.	Contenu présumé de l'organisme au début de l'inanition. N créatinine.	N créatine.	N créatinine + créatine.	Contenu de l'organisme à la fin de l'inanition. N créatinine.	N créatine.	N créatinine + créatine.
1	9 jours	29	1436	1465	79,7	1092,3	1172,0
2	11 »	30	1824	1854	40,5	1620,4	1660,9
3	14 »	28	1799	1827	38,9	1678,4	1717,3
4	17 »	45	2545	2590	28,6	1767,0	1795,6
5	25 »	31	1383	1414	23,0	1225,1	1248,1

Numéro du sujet.	Durée de l'inanition.	Quantités rejetées pendant la durée de l'inanition. N créatinine.	N créatine.	N créatinine + créatine.	Quantités totales récupérées. N créatinine.	N créatine.	N créatinine + créatine.	Différence entre les quantités récupérées et quantités présumées présentes au début. N créatinine.	N créatine.	N créatinine + créatine.
1.....	9 jours	242,6	255,2	497,8	322,5	1347,5	1670,0	+293,5	— 88,5	+205,0
2.....	11 »	363,3	205,5	568,8	405,8	1825,9	2229,7	+373,8	+ 1,9	+375,7
3.....	14 »	440,8	276,8	717,6	479,7	1955,2	2434,9	+451,7	+156,2	+607,9
4.....	17 »	572,5	298,7	871,2	601,1	2065,7	2666,8	+556,1	—480,7	+ 75,6
5.....	25 »	707,7	69,1	776,8	730,7	1294,1	2024,8	+699,7	— 88,9	+610,8

Que l'on admette ou non la formation de la créatinine urinaire aux dépens de la créatine tissulaire ; que l'on croit à la seule existence de ce procédé ou à celle, simultanée, d'autres processus ; il n'est qu'un moyen d'être renseigné sur la réalité d'une synthèse : comparer N créatinique total (créatine + créatinine) récupéré à N créatinique total présumé. Malgré l'incertitude que comporte toujours un tel mode de raisonnement par suite du procédé d'évaluation des quantités initiales, la comparaison ne laisse pourtant aucun doute étant donnée la grandeur des différences. Dans tous les cas, les quantités récupérées sont de beaucoup supérieures aux quantités initiales, et d'autant plus — à la seule exception du sujet n° 4 — que la durée de l'inanition est plus longue. Il y a donc incontestablement synthèse, laquelle n'a pu s'effectuer qu'aux dépens de certains déchets résultant de la rupture des

protéines tissulaires. Cette synthèse a-t-elle donné lieu directement et simultanément aux deux substances? N'a-t-elle formé que de la créatine venant remplacer dans les tissus, au fur et à mesure de sa disparition, celle préalablement dégradée en créatinine? C'est à quoi il est dilficile de répondre. Il n'est pas douteux, en tout cas, d'après les nombres donnés ici, que les quantités de créatinine rejetées ne peuvent s'expliquer par une différence entre les quantités initiales et finales de créatine présente dans l'organisme. Mais ceci ne prouve nullement une formation immédiate alors qu'on ne saurait mettre en doute celle de créatine aux dépens des protéines.

PHYSIOLOGIE. — *Valeur biologique comparée des protéines chez les diverses espèces animales*. Note de Mlle **Anna Rajzmann**, transmise par M. d'Arsonval.

Au cours de l'analyse très fine qu'il a entreprise des conditions requises pour la détermination exacte de la *valeur biologique* d'une protéine, Mitchell, entre autres questions, a posé celle de l'influence de l'espèce animale employée.

Tout récemment, Terroine (*Le métabolisme de l'azote*, p. 241 et suiv.) a insisté sur l'intérêt théorique et pratique qu'il y aurait à savoir si, chez les diverses espèces animales, une même protéine possède une *valeur biologique* identique ou différente. En même temps, il montre l'incertitude des résultats acquis jusqu'à ce jour à cet égard : résultats résolvant la question par l'identité des valeurs chez le rat, le porc, le poulet, pour la farine de maïs; par la divergence chez le rat et l'homme pour les matières albuminoïdes totales du lait.

Nous avons donc repris ce problème : d'une part, en l'appliquant à plusieurs types d'aliments protéiques dont on sait déjà, qu'ils présentent des valeurs biologiques assez différentes; d'autre part en étendant son étude à des espèces assez éloignées, rat, lapin et porc.

Les expériences sont conduites d'une manière identique chez tous les sujets. Dans la première période, l'animal est amené au niveau minimum de sa dépense azotée endogène spécifique par une alimentation glucidique abondante. La perte une fois connue, on passe à une seconde période au cours de laquelle l'animal reçoit une ration essentiellement constituée par un mélange d'amidon et de la protéine étudiée, cette dernière ayant été introduite, grâce à des essais préalables, en une quantité telle qu'elle

permette d'approcher de très près l'équilibre azoté, soit avec un bilan très faiblement négatif, soit avec un bilan très faiblement positif.

La *valeur biologique* est calculée à l'aide de la formule de Martin et Robison, sous la forme que lui donne Terroine

$$100 \times \frac{(\text{Bilan de la période protéique}) - (\text{Bilan de la pér. d'alim. sans prot.})}{\left\{ \begin{array}{l} (\text{N ingéré dans la pér. prot.}) \\ -(\text{N fécal de la période prot.}) \end{array} \right\} - \left\{ \begin{array}{l} (\text{N ingéré dans la pér. sans prot.}) \\ -(\text{N fécal de la période sans prot.}) \end{array} \right\}}.$$

Nous avons été frappé, comme l'ont été Mitchell et Carman, par l'étendue des variations individuelles observées à l'intérieur d'une même espèce et pour une même protéine; nous partageons leur impuissance à en découvrir la cause. Il en résulte, naturellement, que nous avons fait d'assez nombreuses expériences, expériences dont nous avons calculé les moyennes qu'on trouvera ci-dessous :

	Valeurs biologiques chez le :		
	rat.	lapin.	porc.
Substances protéiques totales du lait de vache	92	100	94
» » » du muscle de bœuf	100	95	99
» » » de la farine de pois	61	58	65
Caséine	77	81	78

Devant ces nombres, il ne nous paraît pas téméraire d'affirmer que la *valeur biologique* d'une protéine, ou d'un mélange de protéines, est la même chez toutes les espèces considérées.

Il en résulte :

1° Que pour les besoins de la pratique, qu'il s'agisse de l'alimentation humaine ou de la ration du bétail, on pourra procéder à la détermination de la *valeur biologique* sur un mammifère quelconque choisissant celui qui se prête le mieux à cet essai. Bien entendu cette conclusion est strictement limitée à la *valeur biologique*, c'est-à-dire au degré d'aptitude d'une protéine à la satisfaction du besoin d'entretien et ne s'étend nullement au cas de la croissance et des productions.

2° Que la nature des acides aminés indispensables ainsi que leurs rapports relatifs sont les mêmes chez les diverses espèces mammifères et que, en conséquence, les capacités synthétiques de ces organismes, et pour cette catégorie de substances, sont identiques.

PHYSIOLOGIE. — *L'aptitude des diverses espèces animales à la cétonurie et à l'ammoniurie.* Note de M. **H. Trimbach**, transmise par M. d'Arsonval.

Fleuret [1] a nettement mis en lumière l'insuffisance des doctrines relatives à la cétogenèse lorsqu'elles ne veulent tenir compte que de la nature des matériaux oxydés par les organismes. Il a vivement appelé l'attention sur l'existence nécessaire de facteurs purement physiologiques, les diverses espèces animales réagissant différemment à des régimes analogues. Toutefois, son étude ne porte que sur un nombre restreint d'espèces et l'alimentation donnée n'est pas exactement la même.

Il nous a paru qu'il y aurait grand intérêt à mettre ce point de vue plus nettement en évidence en mesurant la cétonurie chez de nombreuses espèces soumises à un régime alimentaire rigoureusement identique. C'est dans ce but que nous avons procédé à l'étude de la cétogenèse chez l'homme, le veau, le porc, le chien, le lapin, le chat, le hérisson et le rat, nourrissant tous ces animaux : tantôt avec un aliment généralement considéré comme parfaitement équilibré, le lait de vache; tantôt uniquement avec des glucides (amidon, sucre, sels, vitamines, matières cellulosiques et ligneuses) les amenant ainsi au niveau minimum de la dépense azotée spécifique. Toutefois, la difficulté de faire accepter longtemps le régime glucidique a limité nos essais, dans ce cas, aux espèces qui veulent bien s'en contenter.

En outre, étant données, d'une part la liaison bien souvent établie entre l'excrétion des composés cétoniques et celle de l'ammoniaque ; d'autre part, l'observation faite par Terroine, Mlles Champagne et Mourot [2] et d'après laquelle les espèces animales se différencieraient très nettement aussi dans leur aptitude à rejeter de l'ammoniaque urinaire lors d'un même régime, nous avons simultanément dosé, dans l'urine, les composés cétoniques et l'ammoniaque.

Les expériences comportent toujours de longues périodes — une semaine au moins et souvent davantage — dont on prend les moyennes. Elles sont répétées, étant données des variations individuelles assez étendues, sur un assez grand nombre de sujets pour chaque espèce. On en trouvera ci-après les résultats essentiels :

---

(1) *Arch. int. Physiol.*, 31, 1929, p. 363-412.

(2) *Bull. Soc. Chim. biol.*, 15, 1933, p. 203-234.

	Production quotidienne par kilogramme d'animal.			
	Acétone.	Acide β. oxy-butyrique.	Composés cétoniques totaux.	N de NH^3 en pour 100 de N total.
Régime du lait de vache entier.				
Veau (moyenne de 4 sujets; 5 mesures).	0,3	0,9	1,0	7,4
Homme (1 sujet)	0,6	1,3	1,3	3,0
Porc (moyenne de 5 sujets; 6 mesures)	0,55	2,3	1,8	10,9
Chien (moyenne de 2 sujets; 3 mesures).	0,7	2,3	1,8	3,9
Lapin (moyenne de 3 sujets)	0,5	2,8	1,9	0,62
Chat (moyenne de 6 sujets)	0,8	6,8	4,5	6,0
Hérisson (moyenne de 2 sujets)	0,8	9,2	5,9	7,4
Rat (moyenne de 6 sujets)	3,0	13,8	10,6	3,7
Régime glucidique strict.				
Porc (moyenne de 2 sujets)	0,8	1,5	1,9	12,5
Chien (moyenne de 2 sujets)	0,5	1,8	1,6	7,0
Lapin (moyenne de 2 sujets)	1,0	2,2	2,3	0,84
Rat (moyenne de 3 sujets)	1,7	4,3	4,1	6,3

Des conclusions très nettes peuvent être dégagées :

1° La production cétonique, naturellement rapportée à l'unité de poids, est extrêmement variable chez les diverses espèces mammifères recevant des alimentations identiques. Dans le cas du régime lacté, où l'étude fut la plus étendue, la cétonurie varie dans le rapport de 1 (veau) à 10 (rat). Il est donc certain que les diverses espèces présentent des aptitudes très différentes à fabriquer des composés cétoniques aux dépens de matériaux initiaux identiques. Sans vouloir formuler dès maintenant une règle définitive, il semble bien que, dans l'ensemble, l'intensité de la cétonurie pour un même aliment est d'autant plus marquée que la taille de l'espèce est plus petite.

2° Pour une alimentation identique, l'intensité de l'ammoniurie varie dans des proportions considérables : de l'ordre de 1 à 17 en passant du lapin au porc pour le régime lacté, de 1 à 15 pour le régime glucidique. Il n'y a d'ailleurs aucun parallélisme dans le classement des espèces par rapport à la cétonurie d'une part, à l'ammoniurie de l'autre.

Ainsi les diverses espèces animales ayant à dégrader des substances identiques se distinguent également entre elles par le degré de leur aptitude à rejeter de l'ammoniaque dans l'urine. L'intensité de l'ammoniurie est donc bien loin d'être réglée uniquement par la nature de l'alimentation,

par la valeur du rapport, dans la ration, des générateurs d'acides aux générateurs de bases. Des mécanismes propres à chaque espèce interviennent sans aucun doute dans ce processus.

HISTOCHIMIE. — *Les matières minérales fixes des éléments séminaux au cours de la spermatogénèse.* Note de M. **A. Policard**, présentée par M. F. Mesnil.

I. La méthode de la microincinération appliquée au testicule du Rat permet de préciser la teneur en matières minérales fixes des éléments mâles au cours de leur formation dans l'épithélium séminal.

II. Dans les spermatogonies et les spermatocytes de premier ordre, les noyaux sont très riches en cendres : peu de cellules somatiques en renferment autant. Dans les spodogrammes, ils apparaissent comme des amas arrondis, denses, d'un blanc crayeux franc, sans teinte jaunâtre (sans oxyde de fer par conséquent), logés dans la région inférieure du syncytium, au voisinage de la membrane basale.

Dans les spermatocytes de premier ordre, au stade synapsis, les cendres de chaque noyau apparaissent rassemblées à un pôle, en une sorte de croissant. Au cours de la mitose, il est souvent possible de voir chaque chromosome sous forme d'un petit amas de cendres très denses et très blanches et de répéter ainsi sur ces éléments les observations faites pour la première fois par G. Scott (¹) sur des cellules somatiques.

Il n'a pas été possible d'identifier les spermatocytes de deuxième ordre sur les spodogrammes.

Contrairement aux spermatogonies et aux spermatocytes I, les spermatides jeunes ont un noyau très pauvre en cendres à l'origine. Puis, peu à peu, cette teneur augmente. Quand le noyau de la spermatide est devenu allongé et d'apparence compacte par coloration, le contenu en cendres est beaucoup plus abondant; sur les spodogrammes, le noyau apparaît comme un amas dense et allongé. Progressivement ainsi, on passe à l'aspect du noyau de spermatozoïde tel que je l'ai décrit (²).

Il est plausible d'expliquer la chute caractéristique de la teneur en cendres du noyau des spermatides jeunes par l'existence des deux mitoses spermatocytaires successives qui répartissent en quatre noyaux de sperma-

(¹) *Comptes rendus*, **190**, 1930, p. 1323.
(²) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 427.

tides les éléments minéraux renfermés dans un seul noyau de spermatocyte I.

III. Les variations de la teneur en matières minérales du noyau des éléments séminaux donnent des aspects très particuliers aux spodogrammes de l'épithélium séminal suivant les stades de la spermatogénèse.

Aux stades 1 et 2, première phase (classification de Cl. Regaud), les amas de cendres sont localisés à la base de l'épithélium (noyaux des spermatogonies et des spermatocytes I). Les parties moyennes et supérieures du syncytium ne renferment presque pas de cendres. On y observe cependant quelques granulations, souvent jaunâtres (présence d'oxyde de fer), qui correspondent peut-être aux corps résiduels.

Aux stades 3, 4 et 5, la base renferme les amas de cendres correspondant, d'une part aux spermatogonies, et, d'autre part, aux spermatocytes en mitose. Dans la partie supérieure, des amas allongés et très ténus marquent la place des noyaux des spermies.

La deuxième phase (stade 6, mitose des spermatocytes II) n'est pas distingable de la phase suivante.

Celle-ci (phase 3), aux stades 7 et 8, est facile à reconnaître. A la base de l'épithélium, amas arrondis et denses correspondant aux noyaux des spermatogonies et des spermatocytes jeunes; dans la partie moyenne et supérieure, amas allongés correspondant aux têtes des spermies en voie de fasciculation; les spermatides jeunes n'offrent pratiquement pas de cendres. Au stade 9 (rétraction des spermies fasciculées), les amas allongés s'observent à la base, entre les amas arrondis.

A la quatrième phase (stades 10, 11 et 12), la base de l'épithélium montre les mêmes amas arrondis que dans la phase précédente; la région moyenne est très pauvre en cendres; la partie supérieure renferme des amas allongés correspondant aux têtes des spermatozoïdes remontés à la surface et en voie d'élimination.

Il n'a pas été possible de distinguer les cendres laissées par les noyaux de Sertoli.

IV. Ces observations permettent les conclusions suivantes :

1° Tous les noyaux des éléments séminaux du Rat, sauf les spermatides jeunes, renferment des quantités considérables de matières minérales fixes, mais pas de fer;

2° Après les mitoses des spermatocytes paraissent se dérouler des processus spéciaux de remaniement et d'acquisition nouvelle de matières minérales nucléaires.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur l'assimilation des sulfates par les Champignons : euthiotrophie et parathiotrophie.* Note de M. **Michel Volkonsky**, présentée par M. F. Mesnil.

Comme règle générale, les végétaux peuvent effectuer la synthèse de leurs composés sulfurés organiques à partir de l'ion $SO^{4''}$. Ceci est valable, en particulier, pour toutes les moisissures et levures jusqu'ici étudiées. Cependant, en étudiant la nutrition d'une Saprolégniacée [1], nous avons trouvé que son développement ne peut avoir lieu qu'en présence de corps comme la cystéine (ou la cystine), de sulfures, d'hyposulfites, de thioacétates ou de thiosulfates.

Par contre, ni l'ion $SO^{4''}$, ni l'ion $SO^4(C^2H^5)'$ ne satisfont à ses besoins en soufre. Ce Champignon constitue donc le type d'un groupe physiologique nouveau, que l'on peut, adoptant la terminologie d'A. Fischer [2], appeler *parathiotrophe* par opposition aux autres végétaux qui seront des *euthiotrophes*.

Dès lors se posait le problème d'établir l'extension de la parathiotrophie parmi les Champignons. A cet effet, nous avons isolé un certain nombre de souches de Saprolégniacées, dont nous avons ensuite étudié la nutrition. Ce sont : *Saprolegnia parasitica* Coker, *Isoachlya monilifera* (de Bary) Kauffm., *Achlya prolifera* (Nees) de Bary, *A. polyandra* Hildebrand, *A. oblongata* de Bary, *A. conspicua* Coker, *Dichtyuchus monosporus* Leitges, *Aphanomyces* sp., et un certain nombre de souches voisines des espèces précédentes, mais s'en distinguant par des caractères de détails (en tout 26 souches). En dehors de cette famille, nous avons étudié, pour comparaison, un certain nombre de Champignons parasites : *Pythium* (1 souche), *Phytophtora* (5 souches), *Basidiobolus* (1 souche), *Beauveria* (2 souches), *Sporotrichum* (4 souches), *Ctenomyces* (3 souches), *Sabouraudites* (1 souche), *Trichophyton* (2 souches), *Epidermophyton* (1 souche), *Ustilago* (1 souche), en tout 21 souches.

Nous nous bornerons, dans le présent exposé, à résumer la partie de notre étude relative à l'assimilation des sulfates.

---

(1) *C. R. Soc. Biol.*, 109, 1932, p. 528 et 624, et *Ann. Inst. Pasteur*, 50, 1933, p. 703.

(2) Voir A. Lwoff, *La nutrition des Protozoaires*, 1932, *Monogr. Inst. Pasteur*. Paris, Masson, éditeur. En tenant compte du pouvoir de synthèse des *Saprolegnia* vis-à-vis du carbone et de l'azote, nous avons créé pour lui le groupe des haplomésotrophes N-S, subdvision des haplomésotrophes d'A. Lwoff.

Tous les Champignons étudiés se sont trouvés être des organismes mésotrophes, c'est-à-dire qu'ils peuvent effectuer la synthèse de leurs composés quaternaires à partir d'un corps azoté simple et unique. Ceci nous a permis d'adopter pour nos expériences le milieu nutritif suivant :

Eau bidistillée, 1000^{cm^3}; glucose, 1^g; alanine, 1^g; Cl^2Mg, $0^g,1$; PO^4HK^2, $0^g,1$; Cl^6Fe^2, traces; NaOH, q. s. pour pH = 7,0 (cette première formule constituera le milieu O. A ce milieu, le soufre est ajouté sous forme de $0^g,1$ de SO^4K^2 (milieu S), ou de $0^g,05$ de chlorhydrate de cystéine (milieu C), ou enfin sous forme de $0^g,1$ de $SO^4K^2 + 0^g,05$ de chlorhydrate de cystéine par litre (milieu C + S).

Nous avons effectué trois séries d'expériences.

Dans la première série, un ensemencement est effectué d'abord sur le milieu S gélosé à 15 pour 1000. [Nous avons trouvé (*loc. cit.*) que *Saprolegnia* donnait dans ces conditions des cultures extrêmement pauvres en utilisant probablement des traces de soufre organique contenu dans la gélose.] Après une vingtaine de jours, les cultures ainsi obtenues sont repiquées dans deux séries de tubes contenant l'une du milieu C + S, l'autre du milieu S non gélosés (la première de ces deux séries ne diffère donc de la seconde que par la présence dans le milieu de $0^g,05$ de chlorhydrate de cystéine par litre). Tous les Champignons étudiés se développent rapidement et complètement dans le milieu C + S. Dans le milieu S, on obtient, suivant les espèces, deux résultats opposés : un premier groupe de Champignons présente un développement nul ou ne produit que quelques rares filaments qui se cantonnent à la base du tube et dont la croissance s'arrête au bout de quelques jours (accroissement résiduel). Ces filaments ne sont pas repiquables sur milieu S. Le second groupe de Champignons se développe aussi bien en milieu S qu'en milieu C + S.

Le premier groupe est constitué par toutes les souches de Saprolégniacées (parathiotrophes), le second par toutes les autres souches étudiées (euthiotrophes). Dans une deuxième série d'expériences, les Champignons euthiotrophes sont ensemencés d'abord sur milieu O gélosé. On obtient des cultures médiocres. Celles-ci sont repiquées, d'une part en milieu S liquide, d'autre part en milieu O liquide (1). On observe alors que les cultures sont très pauvres en milieu O, tandis qu'elles sont luxuriantes en présence de

(1) Pour obtenir des résultats nets, il faut veiller que le milieu O soit vraiment exempt de soufre : on doit se servir de produits très purs et d'eau redistillée sur quartz. La verrerie (pyrex) doit être bouillie d'abord dans de l'acide chlorydrique dilué, ensuite dans de l'eau bidistillée.

SO^4K^2. Tout développement s'arrête après deux repiquages au maximum en milieu exempt de soufre.

Dans une troisième série d'expériences, les Champignons euthiotrophes sont ensemencés en milieu C et en milieu S liquide, après trois repiquages consécutifs sur les mêmes milieux gélosés. Le développement a lieu dans les deux milieux. Il est en général plus rapide dans le milieu S.

Il résulte de la première série d'expériences que toutes les souches de Saprolégniacées, et ces sonches seulement, sont parathiotrophes, c'est-à-dire qu'elles ne peuvent utiliser l'ion SO^4 comme source de soufre. Cependant, on pouvait se demander si le développement des Champignons euthiotrophes en milieu S n'était pas assuré par la présence d'impuretés de soufre organique dans ce milieu : il n'y aurait eu alors entre les deux groupes qu'une différence d'ordre quantitatif. La deuxième série d'expériences montre que c'est réellement l'ion SO^4 qui est la source de soufre des espèces euthiotrophes et que sa présence est indispensable à leur développement en l'absence de cystéine. La troisième série d'expériences montre que la cystéine peut leur servir également de source de soufre, mais qu'elle est généralement un peu moins favorable que SO^4K^2. Dans les limites des espèces étudiées, il n'existe donc aucun terme de passage entre les espèces euthiotrophes et parathiotrophes.

BACTÉRIOLOGIE. — *Du pouvoir bactéricide du ricinoléate de soude.* Note de M. **H. Violle**, présentée par M. H. Vincent.

L'action bactéricide des savons a déjà donné lieu à de nombreux et intéressants travaux (Koch, Forster, Rodet, Arloing, Noguchi et, plus particulièrement, Vincent).

D'après les expériences que nous avons poursuivies, il résulte que le ricinoléate de soude jouit d'un pouvoir antiseptique élevé, supérieur à celui que présentent les oléates, stéarates, palmitates, laurates. Mais cette action est spécifique vis-à-vis de certains microbes seulement.

Nous avons opéré en milieu neutre en diluant des cultures de bactéries dans des « solutions » de savon à 1 pour 1000 (sol. colloïdale), à la température de 37° avec des durées de contact variant de quelques minutes à une heure.

Par ses actions complexes d'adsorption et de laquage dues à sa force d'étalement (Langmuir), ce corps enveloppe le microbe d'une pellicule qui

annihile rapidement sa vitalité, mais en évitant, toutefois, sa destruction brutale par coagulation ou solubilisation, comme c'est le fait des acides forts et des alcalis caustiques. Les propriétés antigéniques des microbes sont remarquablement conservées, ainsi que l'ont indiqué les premiers travaux de Larson (1923) et de ses collaborateurs Nelson, Walker, Tillery et Schaffer; en France de Netter, André, M. Renaud, Cotoni et Cesari. Les caractères morphologiques, les propriétés tinctoriales ne sont en outre pas modifiées.

Nous avons remarqué qu'à la dilution de 1 pour 1000, ce corps n'est pas toxique à des doses cependant très élevées, lorsqu'on expérimente chez des animaux de laboratoire (cobayes, lapins, poules) en injection intraveineuses, cardiaques, musculaires, sous-cutanées, intrapéritonéales, suivant les espèces animales (50^{cm^3} chez le lapin en injection intraveineuse, poids 2^{kg} ; 20^{cm^3} chez le cobaye par voie intrapéritonéale ; 30^{cm^3} chez la poule dans l'épaisseur des masses pectorales.

Les instillations conjonctivales chez le lapin ne déterminent aucune réaction immédiate on ultérieure.

La toxicité obtenue par augmentation de la concentration des hydrosols semble due à une action hémolytique s'exerçant indifféremment *in vitro* et *in vivo* et très renforcée si l'on a donné une réaction très légèrement acide aux « solutions » en dehors de leur hydrolyse propre.

Le ricinoléate de soude a une action hypotensive marquée. Cette action hypotensive est liée à sa tension-négativité très accentuée. Les solutions de ricinoléate de soude en eau ordinaire, en sérum de cheval sont plus ou moins précipitées suivant la teneur en sels de calcium, magnésium, etc. Des phénomènes analogues se produisent lors de l'injection intraveineuse de ces solutions chez les animaux de laboratoire, diminuant l'effet des solutions et d'autre part, pouvant être la cause de phénomènes de floculation divers.

Les bacilles ayant une affinité pour le tube digestif : bacilles typhiques, paratyphiques, dysentériques, le vibrion cholérique, l'entérocoque, le *Bacterium coli*, le *Bacillus proteus*, le bacille pyocyanique ne sont pas détruits. Il y a là un fait remarquable de résistance des microbes aux milieux riches en savons, à la formation desquels la bile et le suc pancréatique jouent un rôle capital.

Par contre, les bacilles qui se développent soit dans le pharynx, le nasopharynx, soit dans les bronches, le tissu pulmonaire, tel que les méningocoques, pseudo-méningocoques, le bacille de Pfeiffer, le bacille diphtérique et les bacilles pseudo-diphtériques et même le bacille tuberculeux, si

résistant aux antiseptiques, présentent *in vitro* une sensibilité tout à fait remarquable vis-à-vis de ce corps.

Le gonocoque est immédiatement détruit, les spirochètes de la bouche, des eaux, de la spirochétose aviaire sont tués très rapidement.

Le microbe de la fièvre ondulante (et nous avons fait sur ce microorganisme de multiples expériences dans des conditions très diverses) est très sensible à l'action du ricinoléate de soude.

Certains virus, tels que celui de la vaccine sont aisément détruits.

Les streptocoques et les staphylocoques se comportent entre eux d'une façon absolument différente : les premiers sont tués très rapidement : streptocoques pathogènes, streptocoques lactiques, streptocoques de la gomme du sucre ; les seconds restent indemnes : staphylocoques blancs, dorés, etc. Certains microbes banaux, rouge du fromage, etc., sont détruits.

Les bacilles de certaines septicémies : le bacille de Yersin, le microbe de la pseudo-tuberculose de rongeurs ne sont pas attaqués.

Les champignons microscopiques (*Penicillium*) les levures (levure de bière) ne sont pas détruits.

Il y a là une méthode de séparation microbienne intéressante et rapide le cas échéant.

Nous n'avons pas étudié l'action antitoxique du ricinoléate de soude. Les travaux de divers auteurs et particulièrement les remarquables recherches de Vincent, poursuivies systématiquement sur la bile et sur l'action du palmitate et de l'oléomargarate de soude sur la toxine tétanique, dès 1907-1908, ont conduit à la notion féconde des cryptotoxines.

Il nous semble, et c'est là la tendance actuelle établie par les études poursuivies pendant la guerre, que, si les méthodes aseptiques doivent se substituer aux méthodes antiseptiques brutales dans tous les cas où cela est possible, les méthodes cytophylactiques ou plus simplement neutres, dénuées d'agressivité, doivent dans tous les autres cas intervenir, constituant un pont jeté entre ces deux méthodes.

Il y a là toute une série de recherches à poursuivre. Le ricinoléate de soude nous a paru un point intéressant dans cette étude qui nous a conduit aux expériences ci-dessus.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Un nouvel agent de transmission naturelle de la récurrente hispano-africaine : la tique du chien* (Rhipicephalus sanguineus). Note de M. **André Sergent**, présentée par M. F. Mesnil.

L'observation du premier cas algérien de fièvre récurrente hispano-africaine ([1]) nous a conduit à chercher dans l'entourage du malade le réservoir de virus et l'agent transmetteur de cette spirochétose. Le malade, un pêcheur, habite un hameau côtier des environs d'Alger qui est infesté de rats d'égout. Neuf lots de 10 rats sont capturés, sacrifiés, et les cerveaux inoculés à des cobayes. Un de ces lots infecte de spirochétose les cobayes. Les rats d'égout constituent donc dans ce petit port un réservoir de virus (cf. Ch. Nicolle, G. Blanc). Dans la poussière des terriers de ces rats d'égout, nous trouvons de très nombreux Ornithodores, qui sont connus, depuis Sadi de Buen, comme vecteurs de l'infection ([2]); mais nous remarquons en même temps que le chien du malade, qui partage la vie de son maître sur terre et sur mer, est infesté de *Rhipicephalus sanguineus*, la *tique du chien*. Or cet Ixodiné pique aussi les rongeurs, ainsi que l'homme. Nous nous sommes donc demandé si, dans une telle localité contaminée, des Rhipicéphales ne peuvent pas s'infecter sur des porteurs de germes et transmettre par piqûre, à un stade suivant, l'infection à des sujets neufs. Les recherches expérimentales ont donné à cette double question une réponse affirmative :

1° *Rhipicéphales prélevés dans la nature, au voisinage de l'homme et des rongeurs infectés.*

Nous prélevons sur le chien du malade ([3]) deux Rhipicéphales, une femelle et un mâle. Chaque tique est lavée à l'eau salée stérile, broyée et inoculée sous la peau d'un cobaye. Le cobaye inoculé avec la tique femelle

---

([1]) André Sergent, A. Manceaux et R. Balliste, *Bull. Soc. Path. exot.*, 26, 1933, p. 906-908.

([2]) Dix Ornithodores à différents stades, mis à piquer sur un cobaye, ne l'infectent point. Dix autres Ornithodores nymphes et adultes, broyés et inoculés à deux cobayes, ne les infectent pas non plus.

([3]) Le sang du chien examiné à cette époque, pendant 28 jours, n'a pas présenté de spirochètes. Le chien est sacrifié; 1^{cm^3} de son cerveau est inoculé dans le péritoine à deux cobayes qu'il n'infecte pas.

présente un accès thermique et parasitaire après quatre jours d'incubation, et le cobaye inoculé avec la tique mâle après six jours.

Donc, dans une localité où existe la spirochétose hispano-africaine humaine et murine, des Rhipicéphales sont trouvés porteurs de spirochètes.

2° Il s'agissait maintenant de savoir si les Rhipicéphales infectés peuvent transmettre, à un stade ultérieur, l'infection par piqûre. L'expérience suivante montre qu'il en est ainsi :

Des larves de *Rhipicephalus sanguineus*, mises sur des cobayes porteurs de spirochètes (souche humaine algérienne de Chiffalo), se gorgent en quatre jours. Elles se détachent et muent après neuf jours. Deux jours plus tard, ces tiques sont placées à l'état de nymphes sur 4 cobayes, dont 2 jeunes. Après dix-sept jours d'incubation, l'un des jeunes cobayes présente un accès thermique et parasitaire intense.

En résumé : 1° on trouve des « tiques du chien », *Rhipicephalus sanguineus*, naturellement infectées de spirochètes dans une localité où un cas humain et des cas murins sont constatés ; 2° des Rhipicéphales, nourris au stade larvaire sur des rongeurs infectés de spirochètes, sont capables, au stade suivant, de transmettre le virus par piqûre à un sujet neuf.

Il semble bien résulter de ces faits que, dans des conditions naturelles, la fièvre récurrente hispano-africaine est transmise par piqûre, non seulement par des Argasinés du genre *Ornithodorus*, comme on le savait, mais aussi par l'Ixodiné *Rhipicephalus sanguineus*.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Premiers résultats de traitement de la lèpre par un sérum expérimental.* Note [1] de M. **J. Reenstierna**, présentée par M. Ch. Nicolle.

En 1926, j'ai émis, sur la vie non acido-résistante des microorganismes de la tuberculose et de la lèpre [2], une opinion qui était le résultat de recherches remontant à l'année 1912 [3].

Depuis 1921, à l'Institut bactériologique d'État de Stockholm, dirigé par le Dr Kling, j'ai préparé un sérum par injections à des moutons de cultures, représentant *toute la vie* présumée du microorganisme tuberculeux,

(1) Séance du 25 septembre 1933.

(2) *Arch. Inst. Past. Tunis.*, **15**, 4 décembe 1926, p. 309.

(3) *Arch. Dermat. syph.* Vienne, **116**, 1913, fasc. 3.

c'est-à-dire des formes acido-résistantes, des formes non acido-résistantes et leurs produits. Ce sérum antituberculeux, éprouvé, surtout à l'Hôpital maritime d'Apelviken, dirigé par le Dr Hanson, agit de manière frappante, particulièrement sur les affections tuberculeuses cutanées et glandulaires.

Après avoir constaté cet effet dans plusieurs cas de lupus vulgaire, j'ai préparé, de manière analogue, un sérum antilépreux (¹).

Ce travail a été commencé en octobre 1932, dans un petit laboratoire que le Comte Imre Andrassy et sa femme ont bien voulu me construire dans le parc du château de Letenye, en Hongrie, où de nombreux moutons étaient mis à ma disposition dans la « puszta ». Plus tard, j'ai immunisé aussi des buffles de la même propriété.

Je me suis servi, pour l'immunisation des animaux, de la culture de Kedrowsky, ainsi que d'une culture, isolée par moi, en 1912, du sang d'un malade atteint de lèpre tuberculeuse aiguë classique de la léproserie de Järvsö.

Cette dernière culture, acido-résistante et non acido-résistante, fut envoyée, à cette époque, à plusieurs laboratoires étrangers où elle existe encore. La souche a été minutieusement examinée pendant ces dernières années. Paldrock a constaté qu'elle présente les mêmes caractères chimiques que le bacille classique de Hansen dans les émulsions de lépromes. Kedrowsky, dans une lettre, datée de Moscou le 17 septembre 1931, m'écrit, au sujet de ma culture : « La souche est entièrement acido-résistante et presque tout à fait identique à la mienne, surtout à la variation qui m'a été renvoyée de l'étranger et nommée Kraus-Kedrowsky. »

La petite quantité de sérum antilépreux préparé a été transportée en Suède où, dans la léproserie de Järvsö, une étude préliminaire de son action curative a été entreprise sur deux cas graves de lèpre tuberculeuse. Ces malades reçurent, trois fois (les 14, 15 et 18 juillet 1933) une injection intraglutéale de 10^{cm^3} du sérum. Aucun autre traitement. Les résultats ont été contrôlés, de façon indépendante, par le Dr Zachrisson, médecin en chef de la léproserie, par son remplaçant le Dr Kaplan et par moi-même :

Cas I. — Paysan, 27 ans. Lèpre tuberculeuse très avancée, datant de 10 ans. Lépromes de dimensions variables, disséminés en abondance sur la figure, le cou, les extrémités et le corps. Faciès léonin. Traité, depuis 1924, de temps en temps, par des injections d'éthers d'éthyle des acides gras de l'huile de chaulmoogra, avec très peu

---

(¹) Mes expériences ont été rendues possibles grâce à des subventions du gouvernement suédois et de plusieurs Sociétés savantes.

de succès. Dès le lendemain de la première injection du sérum antilépreux, un lépromé assez récent, de la grosseur d'une noisette, avait diminué d'un tiers. Trois semaines plus tard, celui-ci, ainsi que deux autres lépromes récents de la même grosseur étaient entièrement résorbés. A la fin du mois d'août, les lépromes plus anciens ont beaucoup diminué; ils sont aplatis, et leurs contours plus diffus. Les petits lépromes d'un amas de l'angle gauche du nez ont diminué et une ulcération considérable qui se trouvait en leur centre est entièrement guérie.

Cas II. — Femme, 47 ans. Lèpre tuberculeuse datant de 8 ans, très maligne, perpétuellement en progrès, avec des amas de lépromes. Une trentaine de ces derniers présentent des ulcérations de dimensions variées, jusqu'à la grandeur d'une pièce de 2 francs. La peau de la figure a une couleur brunâtre. L'œil droit a été détruit à la suite d'une lésion lépreuse rapide de la cornée. A l'œil gauche, commence, au printemps 1933, une poussée lépreuse, sur les côtés de la cornée, progressant rapidement et de caractère malin. Un oculiste, consulté à ce moment, déclare qu'il n'y a rien à faire.

Au moment où débute le traitement, un léprome, ayant presque la grosseur d'un pois, commence à couvrir la partie inférieure de la cornée. Une vingtaine d'ulcères sont entièrement guéris, environ trois semaines après le début des injections de sérum, et tous les autres à la fin du mois d'août. A cette dernière date, tous les lépromes ont diminué. La peau de la figure est presque lisse, la couleur lépreuse brunâtre en a disparu, la teinte est presque normale. Le léprome de l'œil gauche a un peu diminué; sa croissance maligne semble arrêtée. Aucune tendance à l'extension, alors qu'auparavant on avait vu le léprome grossir d'une semaine à l'autre. Au début de septembre, quelques vieux foyers lépreux cutanés commencent à se nécroser (¹). Nous continuerons le traitement.

Après les injections du sérum, une réaction locale s'est présentée sur plusieurs des lésions lépreuses, ainsi qu'une certaine réaction générale, se manifestant par une température élevée de peu de durée. Aucune réaction aux points d'inoculation.

Nous espérons que notre sérum constituera, au moins, un bon auxiliaire aux autres traitements : huile de chaulmoogra, acide carbonique neigeux (Paldrock), etc.

La séance est levée à 15h25m.

E. P.

(¹) J'ai fait des observations analogues dans des cas de lupus vulgaire, traités par mon sérum antituberculeux. Une seule série d'injections n'a jamais suffi à la guérison.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SEANCE DU LUNDI 9 OCTOBRE 1933.

PRÉSIDENCE DE M. LOUIS BOUVIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à MM. **Pieter Zeeman**, Associé étranger de l'Académie, membre de l'Académie des Sciences d'Amsterdam, **Giovanni Giorgi**, professeur à l'Université de Palerme, **Václav Posejpal**, membre de l'Académie des Sciences et des Arts de Prague, qui assistent à la séance.

SEISMOLOGIE. — *Sur le tremblement de terre du 3 octobre 1933.* Note de MM. **Ch. Maurain** et **C.-E. Brazier**.

Le 3 octobre vers 7^h55^m (T. M. G.) s'est produit un tremblement de terre qui a été sensible à Paris. L'un de nous a ressenti, dans son laboratoire, à Paris, au quatrième étage de l'immeuble, plusieurs oscillations. M. Molliard, membre de l'Académie, a ressenti un mouvement avec accélération verticale. Diverses autres constatations personnelles ont été recueillies. D'après les indications données par les journaux, le mouvement a eu sa plus grande amplitude dans le Loiret, au voisinage de la Loire.

Les mouvements ont été enregistrés de manière très accentuée aux séismographes du Parc Saint-Maur ; les premières ondes paraissent marquées à $7^h54^m33^s$, les secondes ondes à $7^h54^m46^s$, les ondes longues à $7^h55^m6^s$. L'amplitude des mouvements horizontaux a été, pour les ondes longues, 27 microns dans la direction N-S et 17 microns dans la direction E-W (séismographe Wiechert). Les périodes de ces ondes étaient petites, comme cela est habituel lorsque l'origine du séisme est peu éloignée de la Station ;

la période des ondes longues était environ 0,7 seconde. Quand l'origine du séisme est éloignée, les ondes qui en proviennent ont des périodes beaucoup plus grandes et les accélérations sont plus faibles à amplitude égale ; c'est ce qui explique que des mouvements d'amplitude beaucoup plus grande que ceux du présent séisme, mais provenant de séismes éloignés (mouvements qui sont fréquents) ne sont pas ressentis.

D'après les intervalles de temps séparant les arrivées des diverses sortes d'ondes, la distance de l'origine du séisme à Paris (Parc Saint-Maur) est environ 120^{km}.

Le barographe à poids du Parc Saint-Maur a marqué le mouvement par un petit crochet, ainsi que les barographes de l'Office National Météorologique à Paris et au Mont Valérien.

Les tremblements de terre sensibles à Paris sont rares; depuis 1920, deux seulement avaient été signalés : l'un du 30 juillet 1926, dont l'origine était en mer entre Jersey et le Cotentin, l'autre du 7 juin 1931, dont l'origine était dans la mer du Nord, et qui fut particulièrement sensible en Angleterre (1). Ce nombre est très petit par rapport au nombre total des tremblements de terre, d'origine plus ou moins lointaine, enregistrés à l'Observatoire du Parc Saint-Maur, nombre qui a été en moyenne de 354 par an pendant les années 1929-1930-1931, soit à peu près un par jour.

HYDRAULIQUE. — *Remarques sur certains phénomènes de contractions latérales dans les barrages.* Note (2) de MM. **C. Camichel, L. Escande** et **P. Dupin**.

En Hydraulique, la complexité des phénomènes est telle que de nombreuses questions ne peuvent être traitées théoriquement et que l'on doit se contenter, dans les applications, de formules purement empiriques. Il importe alors de bien vérifier le caractère de généralité de ces formules et de s'assurer que leur emploi, dans certains cas particuliers, ne conduit pas à des résultats en contradiction avec les faits.

C'est une remarque de ce genre que nous voulons faire à propos des contractions latérales dans les barrages déversoirs. Celles-ci, comme l'on sait,

(1) Voir *Annuaire de l'Institut de Physique du Globe de Strasbourg*, Seismologie, 1927, p. 84, et 1931, p. 77.

(2) Séance du 2 octobre 1933.

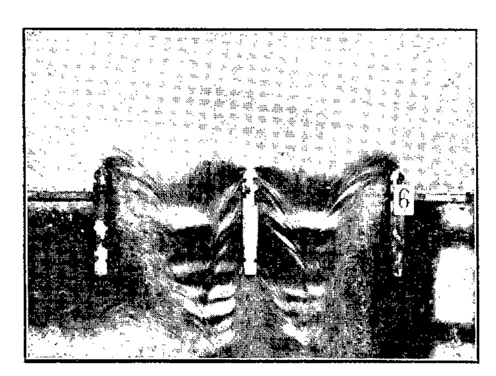
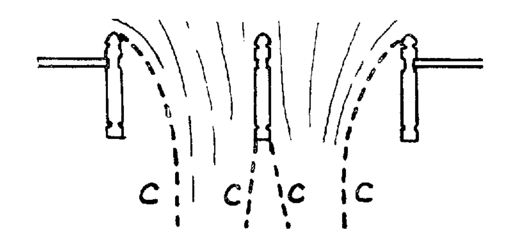


FIG. 1. — Deux passes voisines d'un barrage à vannes mobiles débitent simultanément, vannes complètement levées. — On remarque la différence des contractions dues aux piles extrêmes (courbes C) et à la pile médiane (courbes C').



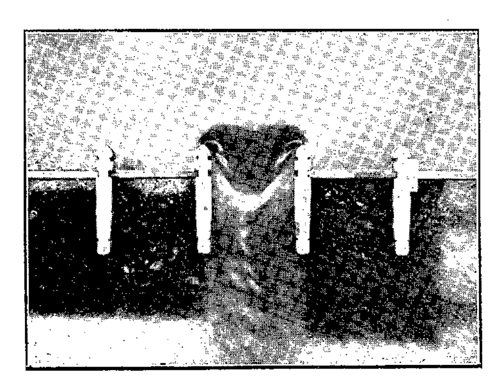
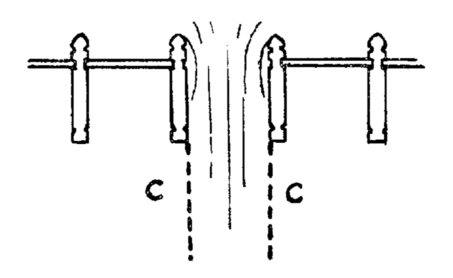


FIG. 3. — Piles de 30 mètres de longueur limitant une passe de 20 mètres de largeur. La zone d'écoulement direct à la sortie de la passe (limitée par les courbes C) correspond sensiblement à la largeur totale entre piles.



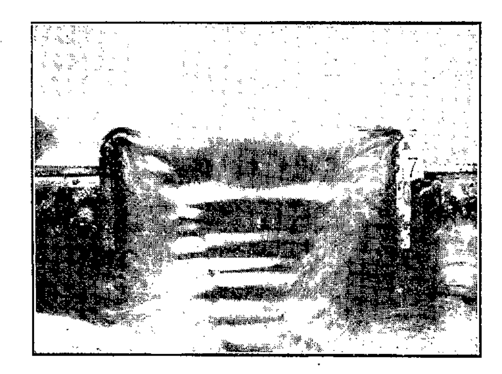
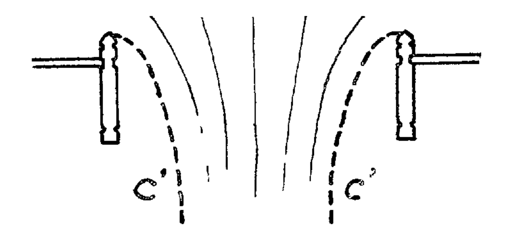


FIG. 4. — Piles de 30 mètres de longueur limitant une passe de 67 mètres de largeur La zone d'écoulement direct à la sortie de la passe (limitée par les courbes C') ne correspond qu'à une portion restreinte de la largeur totale entre piles.



entraînent une réduction parfois notable du débit d'un seuil déversant, et, dans des cas particulièrement bien définis, il existe des formules permettant de déterminer leur influence, comme celle d'Hégly, appliquée au déversoir à mince paroi et à seuil dénoyé. Mais, dans le cas général, les contractions sont mal définies et les règles adoptées pour en tenir compte ne conduisent qu'à une approximation grossière comme, par exemple, c'est le cas pour la méthode de Francis, la plus employée.

Dans cette Note, nous nous proposons d'attirer particulièrement l'attention sur deux points spéciaux concernant ces phénomènes.

Tout d'abord, si l'on admet, d'une manière générale, que les contractions dépendent essentiellement de la forme donnée aux piles, un point important, dont on ne tient généralement pas suffisamment compte, réside dans le fait que, sur un même ouvrage, les contractions peuvent varier dans des proportions énormes avec les conditions de fonctionnement. Par exemple, sur un barrage fixe, surmonté de vannes mobiles, les contractions qui se produisent dans une passe déterminée sont beaucoup plus importantes, lorsque celle-ci débite seule, que lorsque sont ouvertes, simultanément, les vannes des deux passes qui encadrent la première ; c'est un phénomène très général, que nous avons constaté dans bien des cas, et dont nous avons pu, en particulier, observer toute l'ampleur sur le barrage à vannes mobiles du Pinet, sur le Tarn, et sur le barrage de la Gentille, sur la Garonne. Cette influence des vitesses d'approche sur les contractions latérales est mise en évidence, d'une manière encore plus nette, en faisant débiter seulement l'une des deux passes encadrant celle que l'on observe; la contraction provoquée par la pile séparant les deux passes est alors considérablement réduite, tandis que les contractions dues aux piles extrêmes conservent toute leur importance; ce fait est visible sur la photographie de la figure 1 prise sur un modèle réduit de barrage à seuil noyé.

Il conviendrait de tenir compte de cette interdépendance du fonctionnement des diverses passes d'un même barrage, en ce qui concerne la valeur du débit correspondant à une charge donnée, lorsque, le débit total d'un déversoir ayant été déterminé par des expériences sur modèle réduit, on déduit la valeur d'une crue du nombre de passes ouvertes pour assurer son écoulement.

Notre seconde remarque concerne un résultat particulièrement curieux que nous avons obtenu dans les études sur modèles réduits d'un barrage à vannes mobiles et à seuil noyé, projeté à Sansanding sur le Niger. Ces essais ayant comme objet, entre autres, la détermination de la distance à admettre

entre deux piles voisines, nous avons été amenés à comparer les débits linéaires correspondant au fonctionnement d'une seule passe, sous une même différence de cote des niveaux amont et aval, mais pour diverses largeurs de passe, variant de 20ᵐ à 67ᵐ. *A priori*, il semblait que l'influence relative des contractions latérales serait plus grande pour les passes les plus étroites, toutes choses restant égales d'ailleurs, et que le débit linéaire varierait donc dans le même sens que la distance admise entre piles; c'est ce que tendraient à indiquer les formules de débit des barrages à contractions latérales. L'expérience a fourni un résultat opposé, et les courbes de la figure 2

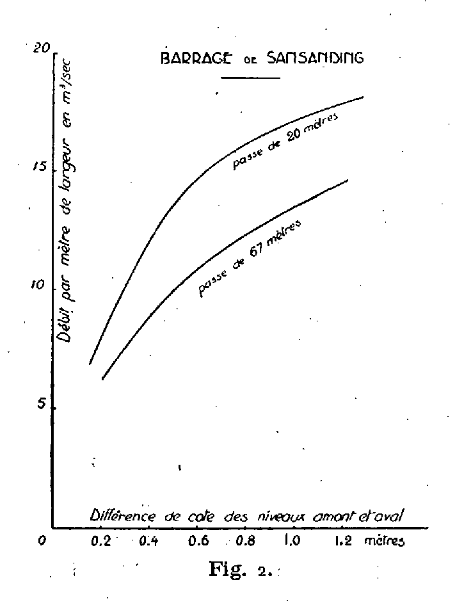


Fig. 2.

montrent la valeur bien supérieure de débit linéaire, pour une charge donnée, dans le cas d'une largeur de passe de 20ᵐ, vis-à-vis d'une largeur de passe de 67ᵐ. Ce résultat, *a priori* surprenant, peut aisément s'expliquer : il suffit de considérer les figures 3 et 4 pour voir la différence énorme des valeurs absolues des contractions existant dans l'un et l'autre cas; la longueur des piles étant d'une trentaine de mètres, il se produit, dans le cas de la passe de 20ᵐ de largeur, un phénomène analogue à celui qui caractérise l'écoulement dans un ajutage cylindrique, les filets, après une contraction initiale, rejoignent les parois latérales des piles de telle sorte que l'extrémité aval de la passe débite sensiblement à pleine section; au contraire, dans le cas de la passe de 67ᵐ de largeur, ce phénomène ne se produit pas, les piles, en contact avec une zone d'eau tourbillonnaire, n'intéressent que par

leur extrémité antérieure la zone d'écoulement direct dont l'aspect rappelle la coupe d'un écoulement par orifice en mince paroi. Ce fait explique le phénomène constaté; il est même curieux de remarquer que le rapport des débits linéaires correspondant aux deux cas envisagés est du même ordre de grandeur, en moyenne, que le rapport des coefficients de débit de l'ajutage cylindrique et de l'orifice en mince paroi; il ne s'agit là, d'ailleurs, que d'une analogie, le mouvement considéré ne constituant nullement un écoulement de révolution.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur les curieuses variations des descendants de l'*Helianthus Dangeardi *à la sixième génération.* Note [1] de M. **Lucien Daniel.**

Dès le début de mes recherches, je m'étais demandé s'il était possible d'obtenir des variétés nouvelles par le semis des graines des plantes greffées et de les améliorer par une sélection raisonnée. En 1894 (*Comptes rendus*, 189, p. 992), j'indiquais les premiers résultats obtenus avec ce procédé qui fut appelé par Ch. Baltet (*L'art de greffer*, 1902, p. 519) le *greffage créateur* (*théorie Daniel*). La même année, je commençai mes essais d'amélioration du Topinambour. Pour étudier sa descendance, il fallait rétablir sa fertilité sexuelle; dans ce but, je le greffai sur le Soleil annuel qui fournit de nombreuses graines. Ce fut seulement en 1921, après 26 ans d'essais infructueux, que j'obtins exceptionnellement des graines sur un Topinambour, lesquelles me donnèrent 14 types différents, dont l'un, l'*Helianthus Dangeardi*, hérita de divers caractères nouveaux dus à la lutte pour la vie de l'ancêtre greffé.

Malgré ce rétablissement de la fertilité, je n'ai pas obtenu tous les ans, de 1921 à 1932 inclus, des graines capables de germer. Dans les automnes trop humides, la fécondation se fait mal et aucune graine ne germe. Cependant j'ai pu, l'an dernier, obtenir de bonnes graines qui m'ont fourni cette année 139 germinations, constituant la sixième génération de l'*H. Dangeardi* greffé. Aucun des types nouveaux ne ressemble entièrement à l'un de ses voisins, pas plus qu'à la variété originelle. Les variations qu'ils présentent peuvent se classer en deux catégories : 1° celles qui proviennent de la *lutte pour la vie*, très âpre à l'automne entre les deux symbiotes à modes de déve-

---

[1] Séance du 2 octobre 1933.

loppement très différents; 2° celles qui sont des *transmissions* de caractères spécifiques du Soleil annuel aux descendants de son épibiote, le Topinambour.

Dans le premier cas, bon nombre d'exemplaires possèdent, comme aux générations précédentes, des rhizomes aériens, des tubercules aériens à l'aisselle des feuilles, des disques renflés à la base des tiges latérales et déterminant une grande fragilité d'attache, des racines aériennes en forme de moignons, des formes et des dispositions très variées des feuilles, des tiges, des inflorescences, des fleurs et des tubercules ainsi que des transformations de l'appareil sécréteur rappelant celui de l'*Helenium autumnale* et des déviations dans la précocité de développement, de floraison, dans la fertilité relative, etc.

J'ai remarqué une notable augmentation de ce que j'ai appelé des dégénérescences, bien que ce mot s'applique à des choses souvent différentes. J'ai cette année compté 22 pieds qui présentent des feuilles cloquées, à plaques de couleur différente disposées en Mosaïque comme dans celles de l'Alliaire greffée sur Chou (*Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1707). J'ai constaté de même une augmentation des monstruosités congénitales des cotylédons et des feuilles primordiales ainsi que l'apparition d'une teinte vert noir sur les pédoncules et les involucres d'un assez grand nombre d'exemplaires dont les ligules étaient jaune orangé ou jaune de chrome, dressées, planes ou courbées vers le sol.

Dans le second cas, neuf exemplaires ont acquis des caractères très marqués du Soleil annuel comme l'exemplaire que j'avais obtenu l'an dernier (voir *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 924). Cette *transmission* est très nette et frappe l'observateur même s'il n'est pas averti. Ces neuf formes nouvelles sont non seulement intéressantes scientifiquement, mais ce sont des acquisitions précieuses pour l'ornementation des jardins d'autant plus qu'elles pourront se conserver par les tubercules souterrains dont elles ont hérité du Topinambour. Les unes ont des tiges uniflores; d'autres sont ramifiées dès la base et frutescentes; d'autres enfin sont ramifiées en pyramide et leurs branches présentent une *disjonction*, car elles ont des feuilles étroites de Topinambour quand la tige principale porte de larges feuilles à limbe analogue à celui de l'*Heliopsis scabra*, mais beaucoup plus rude encore et à parenchyme plus épais. Ce limbe peut être entièrement vert ou panaché de vert foncé entouré d'une bordure vert jaunâtre ou bien panaché en mosaïque par plaques vert plus ou moins

foncé, jaunâtres ou rouges qui lui donnent l'aspect atténué de certaines feuilles de *Begonia*.

Ce sont surtout les capitules et les fleurs qui offrent les transformations les plus curieuses. L'involucre, parfois pourvu d'une large bractée sur le pédoncule un peu élargi et épais, est formé de bractées larges à la base et se rétrécissant ensuite comme chez le Soleil au lieu d'être longues et effilées comme chez le Topinambour. Les capitules épanouis ont un diamètre variant entre 12 et 18^{cm} avec un disque de 3 à 4^{cm} quand chez l'ancêtre Topinambour les capitules épanouis ont 7 à 8^{cm} de large et un disque de $1^{cm},5$ à 2^{cm}. Chez toutes ces variétés, la couleur des ligules se rapproche de celle du Soleil annuel; les ligules sont disposées sur un, deux ou trois rangs, étalées ou légèrement dressées. L'aspect des capitules épanouis rappelle celui de certaines variétés de *Dahlia*. Le pédoncule des capitules rappelle plutôt celui du Soleil et ses canaux sécréteurs, très grands, sont formés de 5 à 8 rangs de cellules sécrétrices dans l'écorce au voisinage du sclérenchyme. L'odeur des fleurs est fort variable. Chez certains exemplaires, on voit des rhizomes aériens et un fort drageonnage.

En résumé, l'extrême *variabilité* des descendants de l'*Helianthus Dangeardi* à la sixième génération sexuée, la *transmission* de caractères spécifiques du Soleil annuel aux descendants de l'épibiote Topinambour, l'apparition chez ceux-ci de *caractères inconnus* chez la variété primitive et rappelant ceux d'espèces de genres voisins, l'*hérédité* de ces caractères sont des *faits* que j'ai fait contrôler et que je peux montrer à tous ceux qui désireraient les vérifier. Ils viennent à l'appui des idées de Lamarck sur l'action des milieux; enfin ils sont une preuve de plus de l'existence du *greffage créateur* et du parti qu'on peut tirer de l'emploi rationnel de ce procédé combiné avec une *sélection* systématiquement dirigée.

M. **M. d'Ocagne** fait hommage à l'Académie d'une brochure intitulée *Jubilé professoral de* Maurice d'Ocagne, *Membre de l'Institut, Professeur à l'École Polytechnique et à l'École des Ponts et Chaussées. Discours prononcés aux cérémonies de l'École Polytechnique et de l'Hôtel de Ville de Paris.* Préface de M. **M. de Broglie**.

M. **Paul Stroobant** fait hommage à l'Académie d'un *Précis d'Astronomie*.

NOMINATIONS.

MM. G. Charpy, P. Janet, M. Brillouin, Ch. Fabry, J. Rey sont désignés pour représenter l'Académie au *Cinquantenaire de la Société française des Électriciens*.

CORRESPONDANCE.

ARITHMÉTIQUE. — *Sur un lemme d'arithmétique élémentaire dans la démonstration de la loi générale de réciprocité.* Note de M. S. Iyanaga, présentée par M. Hadamard.

Dans la démonstration de la loi générale de réciprocité de M. Artin en théorie des corps de classes, par la méthode dite de croisement, il y a lieu de construire un corps circulaire et cyclique sur un corps fini de nombres algébriques k donné, de telle sorte qu'il soit étranger par rapport à k à un surcorps donné de k, et que le degré relatif des diviseurs premiers dans ce corps d'un idéal premier donné de k soit divisible par un nombre n assigné d'avance. Pour assurer la possibilité d'une telle construction, il suffit évidemment de démontrer le lemme élémentaire suivant :

Lemme. — *Étant donnés deux nombres entiers rationnels $a > 1$ et n, il existe une infinité de nombres primaires q* [1], *premiers l'un à l'autre, tels que l'exposant de $a \pmod q$* [*c'est-à-dire le plus petit exposant e, pour lequel a^e est congru à $1 \pmod q$*] *soit divisible par n.*

M. Chevalley a donné une démonstration arithmétique de ce lemme (dans une forme plus précise même) [2]. Je me propose d'en donner ici une autre plus élémentaire.

1. Soient $\Phi_m(x)$ le polynome de division du cercle d'ordre m, et q un

---

(1) C'est-à-dire : puissances de nombres premiers.

(2) Dans sa Thèse : *Théorie des corps de classes*, à paraître prochainement dans le *Journ. of Coll. of Sc. Tokyo*. Voir aussi Birkhoff et Vandiver, *Ann. of Math.*, 15, 1907, p. 301.

diviseur de $\Phi_m(a)$. Je dis que, si q ne divise pas m, l'exposant de a (mod q) est exactement égal à m [1].

On a en effet $q\,|\,\Phi_m(a)\,|\,a^m - 1$ (la ligne verticale signifie : « divise », comme d'habitude), ou bien $a^m \equiv 1$ (mod q). L'exposant en question est donc un diviseur de m. Or, si $a^e \equiv 1$ (mod q), $m = ef$, et $f > 1$, il s'ensuit :

$$q\,|\,\Phi_m(a)\,|\,\frac{a^m - 1}{a^e - 1} = a^{e(f-1)} + a^{e(f-2)} + \ldots + a^e + 1 \equiv f \pmod{q},$$

puisque $\Phi_m(x)$ divise $(x^m - 1)/(x^e - 1)$ algébriquement. D'où $q\,|\,f\,|\,m$.

2. Si tous les facteurs primaires de $\Phi_m(a)$ divisent m, $\Phi_m(a)$ sera lui-même un diviseur de m. Pour affirmer l'existence d'un q qu'exige le lemme, nous n'avons donc, en vertu de 1, qu'à montrer que $\Phi_m(a)\,|\,m$ est impossible pour un multiple m de n.

Soient p un facteur premier de n, et $n = p^\nu b$, $(p, b) = 1$. Prenons comme m les nombres de la forme $p^{\nu+x} b$, $x \geqq 0$, et observons

$$|\Phi_m(a)| = \prod_\zeta |a - \zeta| > (a-1)^{\varphi(m)} = (a-1)^{\varphi(n) p^x},$$

où, dans le produit du second membre, ζ parcourt toutes les racines primitives $m^{\text{ièmes}}$ de l'unité. La divisibilité $\Phi_m(a)\,|\,m$ entraîne donc l'inégalité

$$(a-1)^{\varphi(n) p^x} < |\Phi_m(a)| \leqq m = p^{\nu+x} b = p^x n,$$

ou bien, si l'on pose $A = (a-1)^{\varphi(n)}$,

$$A^{p^x} < n p^x.$$

Si $a > 2$, on aura $A > 1$. La dernière inégalité sera alors évidemment en défaut dès que x est assez grand.

3. Remarquons, pour achever la démonstration, qu'en remplaçant : 1° a par une puissance de a; ou 2° n par un multiple de n dans l'énoncé du lemme, on ne fait que renforcer la proposition.

Plus haut, on a dû laisser de côté le cas $a = 2$. Mais cela ne signifie aucune restriction d'après la première remarque. La seconde remarque nous montre enfin qu'il y a une infinité de q, premiers l'un à l'autre. Soient,

---

(1) Le raisonnement suivant est emprunté au livre de M. Takagi : *Leçons sur la Théorie des Nombres* (en japonais). Dans ce livre se trouve démontrée l'existence d'une infinité de nombres premiers de la forme $mk + 1$. Si par exemple $m\,|\,a$, tout diviseur premier de $\Phi_m(a)$ a en effet cette forme.

en effet, $q_1, q_2, \ldots, q_N$ les nombres primaires déjà obtenus, remplissant la condition proposée. Désignons par p_i le nombre premier, dont q_i est une puissance, et par p' un nombre premier, qui ne divise aucun des nombres $p_i(p_i-1)$ ($i=1, 2, \ldots, N$). D'après ce qui précède, nous pouvons trouver un nombre primaire q', tel que l'exposant e' de $a \pmod{q'}$ soit un multiple de np'. Je dis que q' est premier à tous les q_i. En effet, si $q'=p_i^\alpha$, on aurait :

$$p'n \mid e' \mid \varphi(q')\, p_i^{\alpha-1}(p_i-1),$$

d'où

$$p' \mid p_i(p_i-1),$$

ce qui n'est pas.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une représentation nouvelle des fonctions automorphes.* Note [1] de M. **P. J. Myrberg**, transmise par M. Hadamard.

1. J'ai démontré [2] comment, pour les groupes de genre zéro dont le domaine fondamental a tous ses angles égaux à zéro, on peut représenter les fonctions automorphes par des séries ou des produits semi-convergents qui mettent directement en évidence les propriétés de la fonction. Dans cette Note je ferai voir que la méthode dont je me suis servi s'applique aussi à certains groupes de genre supérieur. Je me bornerai au cas $p=2$, où la surface riemannienne correspondante peut être transformée en la surface hyperelliptique

$$y^2 = (x-e_1)(x-e_2)(x-e_3)(x-e_4)(x-e_5). \tag{1}$$

En réalité, ma méthode s'applique à toute surface hyperelliptique, et certains résultats subsistent même pour des surfaces algébriques quelconques.

Soit Γ le groupe fuchsien appartenant à la fonction uniformisante principale $z=z(x)$ de la surface (1). Ce groupe est contenu comme sous-groupe d'indice 2 dans un groupe fuchsien Γ_0 de genre zéro; la fonction inverse $x=x(z)$ est une fonction automorphe qui, dans le domaine fondamental de Γ_0, prend chaque valeur exactement une fois. Toute fonction non ramifiée par rapport à (1) est une fonction uniforme de z. Tel est le cas, par

(1) Séance du 25 septembre 1933.

(2) *Acta mathematica*, 59, 1932, p. 329.

exemple, pour l'intégrale elliptique :

$$u = \int \frac{dx}{\sqrt{(x-e_1)(x-e_2)(x-e_3)}}. \tag{2}$$

En effectuant une substitution S de Γ_0, on aura l'équation

$$u[S(z)] = \pm u(z) + \omega_S, \tag{3}$$

où ω_S est une constante. Les substitutions de Γ_0 pour lesquelles $u(z)$ ne change pas, forment un sous-groupe invariant Γ_u, qui est un groupe fuchsoïde de genre zéro. Le domaine fondamental de ce dernier est un polygone ayant un nombre infini de côtés et dont les sommets ont un nombre infini de points limites. La fonction $u(z)$ est une fonction entière, c'est-à-dire holomorphe dans le cercle principal, prenant dans son domaine fondamental chaque valeur finie exactement une fois.

Notre procédé repose essentiellement sur ce

Lemme. — *Il est possible de choisir une suite infinie de courbes fermées* L_1, L_2, L_3, ..., *composées de certains côtés des polygones de* Γ_0 *et extérieures les unes aux autres, de telle manière qu'on ait*

$$\lim_{n \to \infty} \int_{L_n} \left| \frac{dz}{u(z)} \right| = 0. \tag{4}$$

2. En appliquant la formule de Cauchy on trouve, si le point a n'appartient à aucun polygone de Γ_0,

$$\frac{u'(a)}{u(z)-u(a)} = \lim_{n \to \infty} \sum_{(\Gamma_n)} \frac{S'(a)}{z - S(a)}, \tag{5}$$

d'où l'on tire, en intégrant par rapport au paramètre a, le développement

$$\frac{u(z)-u(a)}{u(z)-u(b)} : \frac{u(z_0)-u(a)}{u(z_0)-u(b)} = \prod_{\Gamma_u} \left[\frac{S(z)-a}{S(z)-b} : \frac{S(z_0)-a}{S(z_0)-b} \right], \tag{6}$$

qui a la forme d'un produit semi-convergent. En écrivant

$$x - x_0 = \wp(u) - \wp(u_0) = k \frac{H(u+u_0)H(u-u_0)}{H^2(u)}, \tag{7}$$

où $H(u)$ est une fonction thêta elliptique, puis en développant en produit et appliquant à chaque facteur la formule (6), on aura pour la fonction (7) un produit semi-convergent (6)′ de la même forme que (6), où S parcourt, cette fois, dans un certain ordre les substitutions du groupe Γ_0.

Pour déduire l'expression correspondante de la fonction $y(z)$, il faut se servir encore d'une autre intégrale elliptique, par exemple,

$$v = \int \frac{dx}{\sqrt{(x-e_3)(x-e_4)(x-e_5)}}. \tag{8}$$

A l'aide des fonctions thêta elliptiques de Jacobi, on peut écrire

$$y = e^{\alpha u + \beta v + \gamma} \frac{\mathrm{H}(u-\alpha_1)\,\mathrm{H}(u-\alpha_2)\,\mathrm{H}(u-\alpha_3)\,\overline{\mathrm{H}}(v-\alpha_4)\,\overline{\mathrm{H}}(v-\alpha_5)}{\mathrm{H}^3(u)\,\overline{\mathrm{H}}^2(v)}; \tag{9}$$

Nous obtenons ainsi pour la fonction $y(z)$ une expression de la forme

$$y(z) = \prod_{i=1}^{5} \prod_{\nu} \left[\frac{\mathrm{S}_\nu^{(i)}(z) - a_i}{\mathrm{S}_\nu^{(i)}(z) - b_i} \right] e^{\mathrm{A}_\nu^{(i)} u(z) + \mathrm{B}_\nu^{(i)} v(z) + b_\nu^{(i)}}. \tag{10}$$

A l'aide des expressions (6)′ et (9), nous avons ainsi réalisé l'uniformisation de la surface hyperelliptique (1) de la manière la plus simple possible.

On peut trouver des expressions analogues pour les autres fonctions rationnelles de (x, y) et pour les intégrales de la surface (1). L'ordre des termes ou facteurs dans les séries et produits précédents dépend essentiellement du groupe Γ_0 et non pas de la fonction considérée.

3. Les considérations ci-dessus conduisent à une nouvelle méthode pour représenter les fonctions automorphes à l'aide des fonctions thêta. Les expressions (6)′ et (9) des fonctions $x(z)$ et $y(z)$ ont en effet la forme d'un quotient de fonctions entières, composées de certaines fonctions thêta elliptiques et des fonctions $u(z)$ et $v(z)$. Chaque fonction automorphe de Γ, étant rationnelle en x et y, peut donc être mise sous la forme

$$\mathrm{F}(z) = \frac{g_1(z)}{g(z)}, \tag{11}$$

où $g_1(z)$ et $g(z)$ sont des fonctions entières satisfaisant à l'équation

$$g[\mathrm{S}(z)] = e^{a_s u(z) + b_s v(z) + e_s} g(z), \tag{12}$$

S étant une substitution quelconque de Γ.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une équation fonctionnelle qui se présente dans la théorie des équations linéaires aux dérivées partielles du type hyperbolique.* Note de M. **B. Hostinský**, présentée par M. Hadamard.

1. Considérons la transformation fonctionnelle infinitésimale

$$(1)\qquad f_1(y)=f(y)+h\int_0^y \mathrm{A}(\xi,y,y_0)\,f(y_0)\,dy_0+h\,b(\xi,y)\,f(y),$$

qui fait correspondre à toute fonction $f(y)$ de la variable y une autre fonction $f_1(y)$; ξ est un paramètre qui varie entre les limites x_0 et x, b et A sont des fonctions continues données et h une quantité infiniment petite. Nous écrirons (1) sous la forme (avec $\varepsilon>0$)

$$(2)\qquad f_1(y)=f(y)+h\lim_{\varepsilon=0}\int_0^y \mathrm{B}(\varepsilon,\xi,y,y_0)\,f(y_0)\,dy_0.$$

où la fonction B possède les propriétés suivantes :

$$\lim_{\varepsilon=0}\mathrm{B}(\varepsilon,\xi,y,y_0)=\mathrm{A}(\xi,y,y_0),\quad \text{si } y>y_0;\qquad \mathrm{B}(\varepsilon,\xi,y,y_0)=0,\quad \text{si } y<y_0;$$

B devient infiniment grande pour $y=y_0$ de telle manière que

$$\lim_{\varepsilon=0}\int_{y-\varepsilon}^{y}\mathrm{B}(\varepsilon,\xi,y,y_0)\,dy_0=b(\xi,y).$$

A chaque valeur de ξ correspond ainsi une transformation (2). Divisons l'intervalle (x_0, x) en n parties égales et soient $\xi_1, \xi_2, \ldots, \xi_n=x$ les points de division. La transformation composée, obtenue en opérant successivement les transformations (2) qui correspondent à $\xi_n, \xi_{n-1}, \ldots, \xi_1$ (nous prenons $x-x_0=nh$), tend, si n augmente indéfiniment, vers une transformation linéaire

$$f_1(y)=f(y)+\int_0^y \Phi(x;y,x_0,y_0)\,f(y_0)\,dy_0$$

avec

$$(3)\qquad \Phi(x,y;x_0,y_0)=\lim_{\varepsilon=0}\left[\int_{x_0}^{x}\mathrm{B}(\varepsilon,\xi,y,y_0)\,d\xi+\int_{y_0}^{y}\int_{x_0}^{x}\int_{x_0}^{\xi_2}\mathrm{B}(\varepsilon,\xi_1,y,\eta)\,\mathrm{B}(\varepsilon,\xi_2,\eta,y_0)\,d\xi_1\,d\xi_2\,d\eta+\ldots\right].$$

Le $n^{\text{ième}}$ terme de la série infinie entre les crochets est une intégrale $(2n-1)$-uple avec les variables d'intégration $\xi_1, \xi_2, \ldots, \xi_n, \eta_1, \eta_2, \ldots, \eta_{n-1}$; la fonction à intégrer est égale à

$$B(\varepsilon, \xi_1, y, \eta_1),\quad B(\varepsilon, \xi_2, \eta_1, \eta_2),\quad \ldots,\quad B(\varepsilon, \xi_{n-1}, \eta_{n-2}, \eta_{n-1}),\quad B(\varepsilon, \xi_n, \eta_{n-1}, y_0)$$

et le domaine d'intégration est défini par les formules

$$x_0 \leqq \xi_1 \leqq \xi_2 \leqq \ldots \leqq \xi_n \leqq x, \qquad y_0 \leqq \eta_1 \leqq \eta_2 \leqq \ldots \leqq \eta_{n-1} \leqq y.$$

La fonction Φ a les propriétés suivantes :

$$\Phi(x, y_0, x_0, y_0) = e^{\int_{x_0}^{x} b(\xi, y)\,d\xi} - 1,$$

$$(4)\qquad \Phi(x, y, x_0, y_0) - \int_{y_0}^{y} \Phi(x, y, x_1, \eta)\,\Phi(x_1, \eta, x_0, y_0)\,d\eta$$
$$- \Phi(x_1, y, x_0, y_0)\,e^{\int_{x_1}^{x} b(\xi, y)\,d\xi} - \Phi(x, y, x_1, y_0)\,e^{\int_{x_0}^{x_1} b(\xi, y_0)\,d\xi} = 0.$$

Quelle que soit la fonction arbitraire A, *la formule* (3) *donne une solution de l'équation fonctionnelle* (4).

2. Soit $g(x, y, x_0, y_0)$ la fonction liée à Φ par la formule

$$g(x, y, x_0, y_0) = \int_{y_0}^{y} \Phi(x, \eta_1, x_0, y_0)\,e^{\int_{y_1}^{y} a(x, \eta)\,d\eta}\,d\eta_1 + e^{\int_{x_0}^{x} b(\xi, y_0)\,d\xi + \int_{y_0}^{y} a(x, \eta)\,d\eta}$$

ou

$$\Phi(x, y, x_0, y_0) = \frac{\partial g(x, y, x_0, x_0)}{\partial y} - a(x, y)\,g(x, y, x_0, y_0),$$

et posons

$$\begin{aligned} L(g) = {} & g(x, y, x_0, y_0) \\ & - \int_{y}^{y_0} \left[g(x_1, \eta, x_0, y_0)\,a(x_1, \eta) - \frac{\partial g(x_1, \eta, x_0, y_0)}{\partial \eta} \right] g(x, y, x_1, \eta)\,d\eta \\ & - g(x, y, x_1, y_0)\,e^{\int_{x_0}^{x_1} b(\xi, y_0)\,d\xi}. \end{aligned}$$

On trouve que le premier membre de (4) est identique à

$$\begin{aligned} - a(x, y)\,L(g) + \frac{\partial L(g)}{\partial y} + \left[- a(x_1, y)\,g(x_1, y, x_0, y_0) + \frac{\partial g(x_1, y, x_0, y_0)}{\partial y} \right] \\ \times \left[g(x, y, x_1, y) - e^{\int_{x_1}^{x} b(\xi, y)\,d\xi} \right]. \end{aligned}$$

Si donc la fonction g satisfait aux conditions

$$L(g) = 0, \qquad g(x, y, x_1, y) = e^{\int_{x_1}^{x} b(\xi, y)\,d\xi},$$

la fonction Φ correspondante satisfait à (4). La formule (3) donne par conséquent une solution de l'équation $L(g) = 0$. M. Hadamard a démontré (*Bull. Soc. math. France*, 31, 1903, p. 208-224) que la fonction de Riemann g relative à l'équation générale aux dérivées partielles linéaire du second ordre, du type hyperbolique, satisfait précisément à la condition $L(g) = 0$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Fonctions analytiques implicites dans des espaces vectoriels abstraits.* Note de MM. **A. D. Michal** et **A. H. Clifford**, présentée par M. Henri Villat.

Nous considérons des espaces vectoriels abstraits, E(A), linéaires et normés [1] avec des éléments $\{x, y, \ldots\}$ fermés par la multiplication par les nombres d'un système de nombres A, soit le système de nombres réels R ou de nombres complexes C.

Par polynome [2] $p(x)$ de degré n d'un espace vectoriel $E_1(A)$ à un espace vectoriel $E_2(A)$, nous entendons une fonction continue $p(x)$ jouissant de la propriété que $p(x+\lambda y)$ est un polynome de degré n en λ du système de nombres A, dont les coefficients sont dans $E_2(A)$. Si de plus $p(\lambda x) = \lambda^n p(x)$, $p(x)$ sera dite homogène et de degré n. Le plus petit nombre K_n, qui existe toujours, et qui est tel que

$$\| p_n(x) \| \leqq K_n \| x \|^n,$$

sera désigné sous le nom de module du polynome homogène.

Nous dirons qu'une fonction $f(x)$ de $E_1(A)$ à $E_2(A)$ est analytique [2] au point x_0 s'il existe une suite $\{p_n(x)\}$ de polynomes homogènes telle que $\Sigma \lambda^n K_n$ possède un rayon de convergence positif r [K_n étant le module de $p_n(x)$] et telle que, pour $\| x - x_0 \| < r$, $\Sigma p_n(x - x_0)$ converge (en norme) vers $f(x)$. Cette dernière condition est satisfaite si $E_2(A)$ est un espace vectoriel *complet*. Dans ce cas, les fonctions analytiques possèdent des différentielles de Fréchet symétriques de tous ordres à l'intérieur de la

(1) Pour le sujet général des espaces vectoriels abstraits, voir Fréchet, *Les espaces abstraits*, et Banach, *Théorie des opérations linéaires*.

(2) Voir la Thèse de R.-S. Martin, *California Institute of Technology*, 1932.

sphère de rayon r si $A = C$ et de rayon r/e (e étant l'exponentielle) si $A = R$.

M. D. Michal a démontré ailleurs le théorème suivant :

Théorème I. — *Si* $f(x) = \sum_{n=1}^{\infty} p_n(x)$ *est analytique d'un espace vectoriel complet* E(A) *à* E(A) *pour* $x = 0$ *et si* $p_1(x)$ *est une fonction linéaire résoluble, alors l'équation fonctionnelle analytique*

$$y = f(x)$$

a une solution analytique unique

$$x = \sum_{n=1}^{\infty} g_n(y)$$

dans un voisinage suffisamment petit de $x = 0$.

Une fonction analytique $f(x, y)$ d'un espace vectoriel composé $E_1(C)E_2(C)$ à l'espace vectoriel $E_3(C)$ a la forme

$$f(x, y) = \Sigma p_{rs}(x, y),$$

où $p_{rs}(x, y)$ est un polynome homogène de degré $r+s$ de $E_1(C)E_2(C)$ à $E_3(C)$, de degré r de $E_1(C)[E_2(C)]$ à $E_3(C)$ et de degré s de $[E_1(C)]E_2(C)$ à $E_3(C)$.

Les conclusions des théorèmes suivants continuent d'être valables pour les espaces vectoriels fermés, par multiplication par les nombres d'un système de nombres A en faisant aux hypothèses une légère modification provenant d'une définition différente d'une fonction analytique $f(x, y)$ de deux variables (définition due à Clifford).

Théorème II. — *Si* $\Sigma_{r+s \geqq 1} p_{rs}(x, y)$ *représente une fonction analytique de* $E_1(C)E_2(C)$ *à* $E_3(C)$ *pour* $(0, 0)$, *où* $E_2(C)$ *et* $E_3(C)$ *sont des espaces vectoriels complets, et, si la fonction linéaire* $p_{01}(y)$ *est résoluble, alors l'équation fonctionnelle implicite*

$$\Sigma_{r+s \geqq 1} p_{rs}(x, y) = 0$$

possède une solution analytique unique

$$y = \Sigma g_n(x)$$

pour $x = 0$ *de* $E_1(C)$ *à* $E_2(C)$ *dans un voisinage suffisamment rapproché de* $x = 0$.

Théorème III. — *Si* $\Sigma_{r+s \geqq 1} p_{rs}(x, y; u)$ *représente une fonction analytique*

de $E_1(C)E_2(C)[E_0(C)]$ *à* $E_3(C)$ *en* $(o, o; u)$ *uniformément sur* $E_0(C)$, *où* $E_0(C)$ *est une région d'un espace vectoriel* $E(C)$, *et* $E_2(C)$ *et* $E_3(C)$ *des espaces vectoriels complets, si la fonction linéaire* $p_{01}(y; u)$ *de* y *est résoluble pour chaque valeur de* u *de* $E_0(C)$, *et si la réciproque* $\bar{p}(z; u)$ *est linéaire sur* $E_3(C)$ *uniformément sur* $E_0(C)$, *alors l'équation fonctionnelle implicite*

$$\Sigma_{r+s\geqq 1}\, p_{rs}(x, y; u) = 0$$

possède une solution analytique unique

$$y = \Sigma\, g_n(x; u)$$

en $(o; u)$ de $E_1(C)[E_0(C)]$ à $E_2(C)$ uniformément sur $E_0(C)$ dans un voisinage suffisamment rapproché de $x = o$.

Théorème IV. — *Si* $\Sigma_{r+s\geqq 1}\, p_{rs}(x, y)$ *représente une fonction analytique de* $E_1(C)E_2(C)$ *à* $E_3(C)$ *en* (o, o), *où* $E_2(C)$ *et* $E_3(C)$ *sont des espaces vectoriels complets, et, si la fonction linéaire est résoluble, alors l'équation fonctionnelle implicite*

$$\Sigma_{r+s\geqq 1}\, p_{rs}(x, y) + z = 0$$

admet une solution analytique unique qui peut s'écrire

$$y = \Sigma\, g_{n0}(x) + \Sigma_{\substack{r\geqq 0\\ s\geqq 1}}\, g_{rs}(x, z),$$

où $y = \Sigma g_{n0}(x)$ *est la solution analytique de l'équation fonctionnelle*

$$\Sigma_{r+s\geqq 1}\, p_{rs}(x, y) = 0.$$

THÉORIE DES GROUPES. — *Sur le groupe des permutations de la suite des nombres naturels.* Note (1) de MM. **J. Schreier** et **S. Ulam**.

Nous entendons par permutation de la suite infinie N des nombres naturels toute transformation biunivoque $f(n)$ de N en N tout entier. Ces transformations forment un groupe, désigné par S_∞, qui peut être considéré comme une généralisation naturelle, pour n infini, du groupe symétrique S_n composé de toutes les permutations de n lettres. L'importance du groupe S_∞ tient surtout au fait, qu'il contient, dans le sens d'isomorphie biunivoque, tout groupe dénombrable.

(1) Séance du 2 octobre 1933.

Théorème I. — Il n'existe que deux sous-groupes invariants du groupe S_∞, outre le groupe S_∞ lui-même et le groupe composé de l'élément unité E.

1° Le groupe S de toutes les permutations f telles qu'on a $f(n)=n$ à partir d'un n suffisamment grand;

2° Le sous-groupe P de S composé des permutations f qui, considérées comme permutations du système, fini, des nombres n pour lesquels on a $f(n) \neq n$, sont *paires*, c'est-à-dire consistent d'un nombre pair d'inversions.

La série de composition de Jordan-Hölder pour le groupe S_∞ est la suivante :

$$S_\infty \supset S \supset P \supset E.$$

Remarque. — Il résulte du théorème I qu'il est impossible de généraliser le groupe « alternatif » (consistant de toutes les permutations paires) pour l'infini, c'est-à-dire qu'il n'existe aucun sous-groupe de S_∞ à l'indice 2 par rapport à S_∞. Il est impossible de diviser, comme dans le cas fini, toutes les permutations en deux classes A et B de façon que la composition de deux éléments d'une même classe donne un élément appartenant à A et que la composition de deux éléments extraits de classes différentes donne un élément de B. On ne peut donc orienter un simplex au nombre infini des sommets.

Théorème II. — Il existe *trois* permutations f_1, f_2 et f_3, telles que le groupe H engendré par elles permet d'approximer toute permutation donnée d'avance avec un degré arbitraire d'exactitude. Plus précisément, si f est une permutation donnée, k un entier positif et

$$f(i)=p_i \qquad (i=1, 2, \ldots, k),$$

il existe une permutation g de H, telle que $f(i)=g(i)$, quel que soit $i \leqq k$.

Remarque. — Le groupe S_∞ peut être considéré comme un espace topologique complet, si l'on définit comme distance entre deux éléments f et g le nombre [1]

$$\rho(f, g)=\sum_{n=1}^{\infty} 2^{-n}\left(\frac{|f(n)-g(n)|}{1+|f(n)-g(n)|}+\frac{|f^{-1}(n)-g^{-1}(n)|}{1+|f^{-1}(n)-g^{-1}(n)|}\right)$$

(f^{-1} désigne la permutation inverse à f).

Notre théorème entraîne donc l'existence d'un sous-groupe (dénombrable) H partout dense dans S_∞ et engendré par trois éléments.

Les démonstrations détaillées paraîtront dans un autre Recueil.

---

(1) V. S. Banach, *Théorie des opérations linéaires*, Varsovie, 1932, p. 229.

ÉLASTICITÉ. — *Sur l'équilibre d'un solide appuyé sur une surface élastique.* Note de M. V. VÂLCOVICI, présentée par M. Henri Villat.

Considérons un solide rigide appuyé sur une surface donnée en N points $A_i (i = 1, 2, \ldots, N)$ et cherchons à déterminer les réactions de la surface sans frottement dans le cas où le solide est en équilibre sous l'action d'un système de forces donné (S). Soient $\overline{r}_i$ le vecteur de position de A_i par rapport à l'origine O des axes et $\overline{n}_i$ le verseur de la normale en A_i à la surface donnée. Si $(\overline{\mathcal{R}}, \overline{\mathfrak{M}})$ désigne le torseur en O du système (S) et si R_i désigne la valeur de la réaction en A_i comptée positivement dans le sens de $\overline{n}_i$, alors on pourra écrire

$$(1) \qquad \sum_{i=1}^{i=N} \overline{n}_i R_i = -\overline{\mathcal{R}}, \qquad \sum_{i=1}^{i=N} \overline{n}'_i R_i = -\overline{\mathfrak{M}},$$

où l'on a posé $\overline{n}'_i$ pour le moment de $\overline{n}_i$ par rapport à O

$$\overline{n}'_i = \overline{r}_i \times n_i.$$

Le système (1) signifie six équations linéaires scalaires pour les N inconnues R_i. Il en résulte que, en général, le problème est impossible pour un nombre de points d'appui inférieur à 6. Il est, par contre, indéterminé pour $N > 6$ (système statique indéterminé). Le cas $N = 6$ nous mène à un système unique de valeurs R_i si le déterminant des R_i n'est pas nul.

Remarquons que les réactions R_i peuvent être considérées aussi comme N forces appliquées au solide libre de telle manière que leur torseur soit égal à $(\overline{\mathcal{R}}, \overline{\mathfrak{M}})$.

Il en résulte que les équations (1) donnent en même temps la solution du problème suivant :

Déterminer les valeurs R_i *de* N *forces* $\overline{F}_i (i = 1, 2, \ldots, N)$ *appliquées à un solide le long de* N *droites de positions données, à condition que le torseur en* O *du système des* N *forces* $\overline{F}_i$ *soit égal au couple donné* $(\overline{\mathcal{R}}, \overline{\mathfrak{M}})$.

Les positions des N droites données peuvent être fixées par leurs verseurs $\overline{n}_i$ et par les moments de leurs verseurs $\overline{n}'_i$.

L'indétermination du problème dans le cas $N > 6$ disparaît dans l'hypothèse d'un support déformable. Nous allons supposer que la surface d'appui est élastique, tandis que le solide reste rigide.

Si $\delta\overline{r}_i$ signifie le déplacement du point A_i et $\overline{v}_i$ la vitesse de A_i dans ce déplacement, on aura évidemment

$$\delta\overline{r}_i = \overline{v}_i\,\delta t, \tag{2}$$

en désignant par δt le temps infiniment petit du déplacement. Mais le déplacement rigide $\overline{v}_i\,\delta t$ est caractérisé par une relation de la forme

$$\overline{v}_i = \overline{v}_0 + \overline{\omega} \times \overline{r}_i, \tag{3}$$

où $\overline{v}_0$ et $\overline{\omega}$ sont deux vecteurs, les mêmes pour tous les points A_i.

Soit ε_i la projection du déplacement $\delta\overline{r}_i$ sur la normale en A_i à la surface d'appui. Comme cette surface est élastique, sa déformation normale ε_i sera proportionnelle à R_i, de sorte qu'on pourra écrire

$$\frac{\varepsilon_1}{R_1} = \frac{\varepsilon_2}{R_2} = \frac{\varepsilon_3}{R_3} = \ldots = \frac{\varepsilon_N}{R_N}. \tag{4}$$

Remarquons d'autre part que les équations (2) nous donnent

$$\varepsilon_i = \overline{n}_i\,\delta\overline{r}_i = \overline{v}_i\overline{n}_i\,\delta t,$$

Mais on obtient des relations (3)

$$\overline{v}_i\overline{n}_i = \overline{v}_0\overline{n}_i + \overline{\omega}\overline{n}'_i,$$

c'est-à-dire, en utilisant la formule précédente,

$$\varepsilon_i = (\overline{v}_0\overline{n}_i + \overline{\omega}\,\overline{n}'_i)\,\delta t. \tag{5}$$

Les N égalités (5) nous fournissent, par l'élimination de $\overline{v}_0$ et de $\overline{\omega}$, N — 6 relations linéaires, homogènes, entre les N quantités ε_i,

$$\sum_{i=1}^{i=N} m_{ik}\varepsilon_i = 0 \qquad (k = 1, 2, \ldots, N-6),$$

qui, eu égard aux égalités (4), deviennent

$$\sum_{i=1}^{i=N} m_{ik}R_i = 0 \qquad (k = 1, 2, \ldots, N-6), \tag{6}$$

m_{ik} étant des coefficients scalaires que l'on détermine sans difficulté.

Les relations (1) et (6) constituent un système de N équations linéaires pour les N quantités R_i.

Le développement de cette Note paraîtra ailleurs.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Mouvement plan du liquide parfait incompressible.* Note [1] de M. **A. Gay**, transmise par M. Henri Villat.

I. Dans l'écoulement plan irrotationnel du liquide parfait, la vitesse complexe $w = u - iv$ est fonction holomorphe de l'affixe z de la particule liquide, et sur une courbe fermée C on a l'équation

$$(1) \qquad w(z) + \frac{i}{\pi}\int_C' \frac{w(z')}{z'-z}\,dz' = 0 \quad [2]$$

où $\int_C'$ désigne la valeur principale de l'intégrale au sens de Cauchy. En séparant dans (1) le réel de l'imaginaire on obtient entre u et v deux équations intégrales équivalentes dont la première s'écrit :

$$(2) \qquad u - \frac{1}{\pi}\int_C \frac{u'\cos\psi'}{r'}\,ds' - \frac{1}{\pi}\int_C' \frac{v'\sin\psi'}{r'}\,ds' = 0.$$

La deuxième s'en déduit en permutant u et v et en changeant le signe de la deuxième intégrale; ψ' étant l'angle que fait $m'm$ avec la normale en m' à C. En multipliant (2) par $\sin\psi/z\,ds$, en prenant les valeurs principales des intégrales, et en utilisant une formule d'interversion dans une intégrale double avec valeur principale, on obtient une équation intégrale qui, comparée à la deuxième équation (2), entraîne pour une courbe fermée quelconque les relations

$$\int_C' \frac{\sin\psi}{r}\,\frac{\sin\psi'}{r'}\,ds = \frac{\pi\cos\psi_1}{r_1}, \qquad \int_C' \frac{\sin\psi}{r}\,\frac{\cos\psi'}{r'}\,ds = 0,$$

en introduisant un troisième point m_1 sur C.

II. L'équation (2) permet de résoudre certains problèmes classiques comme celui de Dirichlet ou de Hilbert.

Si C est le cercle de rayon 1 sur lequel on connaît $v = f(\theta)$, l'équation (2) fait connaître $u(\theta)$ et la formule de Cauchy donne $w(z)$, et en remarquant que

$$\int_0^{'2\pi} \frac{\cot\dfrac{\theta'-\theta}{2}}{1 - ze^{-i\theta}}\,d\theta = -2i\pi\frac{z}{e^{i\theta'} - z},$$

on retrouve, pour $f(\theta)$ quelconque, un résultat connu [3]

---

(1) Séance du 25 septembre 1933.

(2) Picard, *Équations aux dérivées partielles*, p. 78.

(3) H. Villat, *Leçons sur l'Hydrodynamique*, p. 10.

III. Un écoulement qui ne vérifie pas (1) est la somme d'un écoulement tourbillonnaire w_1 et d'un écoulement irrotationnel w_2. Si Δ est le domaine tourbillonnaire,

$$(3) \qquad w_1(z) = \frac{1}{i\pi}\int_\Delta \frac{\zeta_1\, d\sigma_1}{z - z_1},$$

qui s'écrit pour un point extérieur à Δ limité par Γ :

$$w_1(z) = \frac{1}{2i\pi}\int_\Gamma \frac{w_1\, ds_1}{z - z_1} + \frac{1}{2\pi}\frac{\partial}{\partial z}\int_\Delta \frac{w_1}{z - z_1}\, d\sigma_1.$$

La vitesse $w_2(z)$ vérifie (1) qui d'après (3) s'écrit :

$$(4) \qquad w(z) + \frac{i}{\pi}\int_C' \frac{w(z')}{z' - z}\, dz' = -\frac{2i}{\pi}\int_\delta \frac{\zeta_1\, d\sigma_1}{z - z_1},$$

δ étant la portion de Δ intérieure à C.

L'équation (4) généralise l'équation (1).

Cette équation (4), transformée en introduisant les composantes tangentielles w_t et normale w_n de w au contour C, donne, en séparant le réel et l'imaginaire, deux équations intégrales équivalentes entre w_t et w_n, dont la première :

$$w_t + \frac{1}{\pi}\int_C' \frac{w'_n \sin\varphi + w'_t \cos\varphi}{r}\, ds' = \frac{2}{\pi}\int_\Delta \frac{\zeta_1 \cos\varphi_1}{r_1}\, d\sigma_1$$

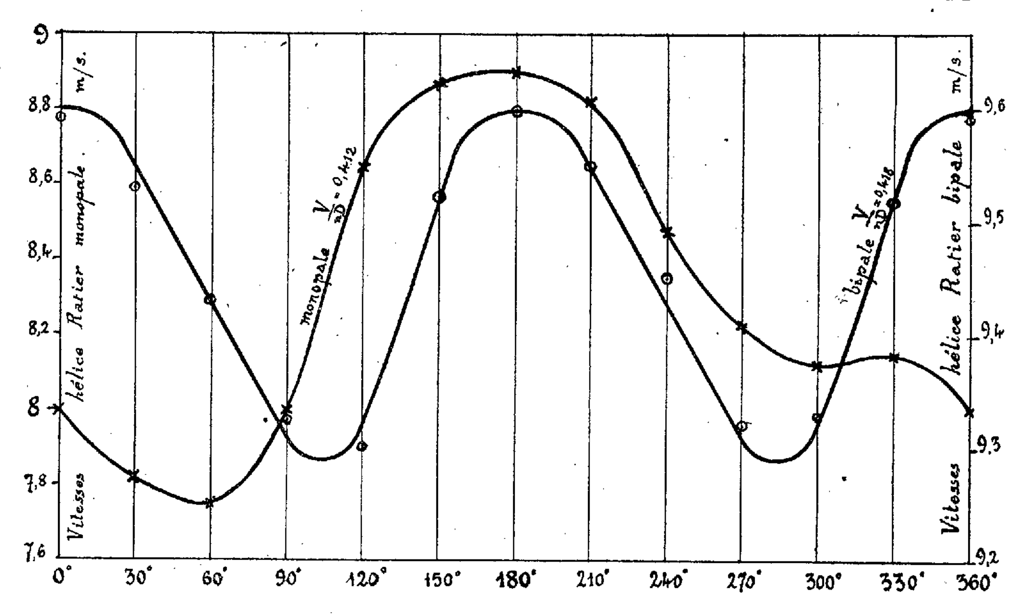
est bien connue ([1]).

AÉRODYNAMIQUE EXPÉRIMENTALE. — *Sur la mesure des vitesses instantanées en amont d'une hélice.* Note ([2]) de M. **Jacques Valensi**, transmise par M. Henri Villat.

La mise en œuvre du procédé strobométrique que nous décrivions dans une précédente Note ([3]) a nécessité : 1° une étude du fonctionnement des soupapes; 2° une étude du fonctionnement de l'ensemble Pitot-soupape. Ces études nous ont conduit à ului liser une seule soupape placée successivement sur la canalisation prise statique du Pitot-manomètre ou prise totale du

([1]) H. Villat, *Leçons sur la théorie des Tourbillons*, p. 31.
([2]) Séance du 25 septembre 1933.
([3]) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1639.

Pitot-manomètre, la branche libre du manomètre restant en communication avec l'atmosphère de la chambre d'expériences. Pour effectuer la mesure du décalage et de la durée d'ouverture de la soupape (1° étude reprise d'ailleurs avant et après chaque série de mesures de vitesses), nous utiliserons, après fixation d'un miroir sur la biellette de soupape, la méthode de Poggendorff (¹) en éclairage stroboscopique à l'aide de l'appa-



reillage déjà décrit et dans les conditions même de l'emploi. A titre d'exemple voici le réglage adopté pour une vitesse de rotation de l'hélice égale à 2000 t/m, tension d'alimentation 220 volts, capacité du condensateur $10^{\mu F}$, intensité moyenne dans le circuit de décharge, indiquée par un ampèremètre thermique $0^a,2$. A ce réglage correspond : décalage 16°, course linéaire de la tige de soupape 33/100 de millimètre, durée d'ouverture de soupape exprimée en course angulaire de la pale pendant cette ouverture : 7°.

Pour effectuer la deuxième étude nous avons placé le Pitot au centre de la veine libre de notre tunnel dans un courant aussi régulier que possible et nous avons exécuté des mesures de pressions totale et statique, soit directement, soit en interposant la soupape entre les prises du Pitot et le manomètre. Ces mesures étaient effectuées à des vitesses de vent et des

(¹) Pour effectuer cette mesure on démonte la soupape.

fréquences d'ouverture des soupapes variables, la vitesse de rotation du ventilateur de la soufflerie restant constante et égale à 1030 t/m environ (réglage du vent par décalage des pales).

L'interposition de la soupape n'introduit aucun trouble dans les mesures à condition de relier le manomètre au siège de la soupape et les prises du Pitot au corps de soupape. La disposition contraire introduit une surpression qui semble indépendante de la vitesse du vent et qui pour une fréquence d'ouverture de soupape de 1970 p. m. est égale à 24/100^{mm} d'eau. En aucun cas la longueur des canalisations, que nous prenons d'ailleurs aussi faible que possible, ne modifie les lectures.

Comme première application de la méthode strobométrique nous avons mesuré pressions et vitesses instantanées derrière l'hélice Ratier S-9740 décalage — 18° (pas moyen 0,62) monopale et bipale. La figure représente le diagramme des vitesses pour ces hélices tournant à la vitesse de 1970 t/m et fonctionnant approximativement dans les mêmes conditions, pour la position suivante du Pitot, bec horizontal dans le plan vertical de l'axe de l'hélice à 15^{cm} de cet axe, le bout étant situé à 3^{cm} du bord d'attaque des pales. Dans cette position le Pitot qui se trouvait dans la zone où la vitesse instantanée garde pratiquement une direction constante au cours d'une révolution de l'hélice, était orienté une fois pour toutes. On a porté en abscisses les distances angulaires entre le Pitot et la pale au moment où les mesures instantanées étaient faites; dans la position 0° la soupape s'ouvrait au passage de la pale devant le Pitot; les mesures se faisaient ensuite de 30° en 30° dans les sens de rotation de la pale. En chaque point la mesure de la vitesse et de la pression demandait 3 minutes.

ÉLECTRICITÉ. — *Génératrice électrostatique autoexcitatrice à charges résiduelles à polarité invariable ou non, à volonté.* Note [1] de M. **P. Jolivet**, présentée par M. Paul Janet.

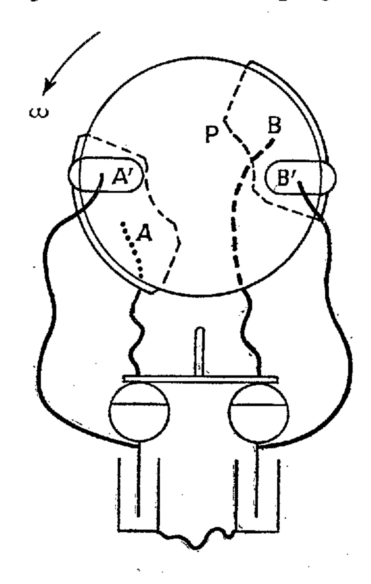
Les travaux de M. Chaumat [2] ont donné à l'auteur l'idée d'étudier de nouvelles machines dont voici un exemple.

Un plateau en verre P, de 260^{mm} de diamètre, peut être entraîné dans le sens de rotation ω. Derrière ce plateau sont disposées deux armatures fixes

(1) Séance du 2 octobre 1933.

(2) *Comptes rendus*, 188, 1929, p. 1096, 1232, 1490, 1546.

en métal A et B diamétralement opposées et recouvertes sur toutes leurs faces par une couche de 5^{mm} de cire. La forme de ces armatures ressemble à celle d'un secteur circulaire limité par deux rayons perpendiculaires et allégé au centre. Ces armatures sont analogues aux chargeurs de M. Chaumat. Devant le plateau sont deux peignes fixes A′, B′ faits d'une



lame soudée sur une coquille de laiton dont les bords et le côté concave sont protégés par de la cire. Ils sont diamétralement opposés et tels que A′ est presque en face du début de l'armature A en allant dans le sens ω, B′ ayant le même voisinage de B.

Une barre isolante avec un manche porte deux calottes qui s'emboîtent sur les boules de deux bouteilles de Leyde. Chacun des quatre organes A, B, A′, B′ est muni d'un fil conducteur souple sous caoutchouc.

Premier montage. — Ces fils relient l'armature A à une calotte et l'armature B à l'autre calotte puis chacun des peignes à chacune des boules.

Manœuvrant le manche, on met les calottes en position dite d'excitation pour laquelle A est relié avec B′ et B avec A′, et l'on donne à la cire une excitation initiale en reliant pendant une seconde les boules avec une source à haute tension. Cette source auxiliaire est désormais inutile.

Faisant tourner le plateau, on met ensuite les calottes en position de marche (A relié avec A′ et B avec B′) et la génératrice fonctionne. Lorsque la tension diminue un peu, on la rétablit en manœuvrant rapidement le manche en position d'excitation puis en revenant en position de marche.

Cette manœuvre dure une seconde environ et il suffit de la répéter de minute en minute.

Avant d'arrêter la machine, on met les calottes en position d'excitation et on les y laisse. Après toute inactivité, même d'une semaine, on lance le disque, les calottes étant toujours en position d'excitation, pour passer à la position de marche en pleine rotation.

La polarité est absolument invariable, c'est celle de l'excitation préliminaire.

Second montage. — On relie chacune des armatures à chacune des boules et les peignes aux calottes. La conduite des opérations est la même, mais à chaque manœuvre d'excitation, la polarité s'inverse.

La puissance obtenue est sensiblement la même pour les deux montages. La tension arrive à dépasser 100000 volts à l'éclateur. En court circuit le débit atteint 70 μA.

Avec une tension de 70000 volts on peut alimenter un effluve de 45 μA, soit un peu plus de 3 watts. L'état atmosphérique, même pluvieux, a peu d'influence.

MAGNÉTISME. — *La théorie des poudres ferromagnétiques et la susceptibilité magnétique des roches.* Note de M. **G. Grenet**, présentée par M. Ch. Maurain.

Les propriétés magnétiques des roches sont dues à la présence de grains de magnétite dilués dans une masse très peu magnétique. Ce point de vue a été précisé récemment par G. Jouravsky, P. Charczenko et G. Choubert [1].

Les relations entre la susceptibilité apparente d'une roche et sa teneur en constituants ferromagnétiques ont été étudiées par divers auteurs. Je vais indiquer les formules qui ont été proposées et rechercher leurs limites d'application.

Pour rendre le problème accessible au calcul, il faut envisager le cas d'une poudre hétérogène constituée par des ellipsoïdes ferromagnétiques, géométriquement semblables, dilués dans une matière non magnétique. Il faut aussi admettre que la susceptibilité de la substance ferromagnétique est définie. Considérons un volume de cette poudre limité par un ellipsoïde E dont un axe est dirigé dans la direction du champ

---

(1) *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 522.

magnétique inducteur $\mathcal{H}$. Soit D le coefficient démagnétisant correspondant à cet axe (on sait que si E est une sphère $D = 4\pi/3$). Soient L, M, N les coefficients démagnétisants correspondant à chacun des axes d'un ellipsoïde ferromagnétique. Soient s le rapport du volume de la substance magnétique au volume total de la poudre et k la susceptibilité réelle de la substance magnétique.

On démontre facilement que la susceptibilité moyenne d'un ensemble de grains, assez éloignés les uns des autres pour ne pas s'influencer et dont les directions sont réparties au hasard, est donnée par la formule ci-dessous :

$$S = \frac{1}{3}\left[\frac{k}{1+kL} + \frac{k}{1+kM} + \frac{k}{1+kN}\right]. \tag{I}$$

Considérons un grain de la substance ferromagnétique et, pour tenir compte de l'action de l'ensemble des autres grains, remplaçons le reste de la poudre par une substance possédant une aimantation uniforme égale à $sS\mathcal{H}$, c'est-à-dire ayant l'aimantation calculée par la formule (I). On peut ainsi déterminer l'aimantation prise par un grain ferromagnétique quelconque. En faisant la moyenne pour toutes les orientations possibles de l'ellipsoïde, on trouve que l'aimantation moyenne de la substance ferromagnétique est

$$\mathcal{J} = S\mathcal{H}\left\{1 - s\left[S\frac{1+kD}{k} - 1\right]\right\}. \tag{II}$$

On remarque que ce calcul a été fait en partant d'une valeur bien déterminée de l'aimantation moyenne de la poudre ($sS\mathcal{H}$). C'est un procédé d'approximations successives qui pourrait être poussé plus loin. Mais on arrive directement à la formule définitive en remplaçant, dès le début du calcul, l'aimantation moyenne de la poudre par $sS'\mathcal{H}$, S′ étant inconnu. Le calcul est ensuite *calqué* sur celui qui conduit à la formule (II) avec cette différence que S′ figure dans les deux membres des équations. Le résultat est

$$\mathcal{J} = S\mathcal{H}\frac{1}{1+s\left[S\frac{1+kD}{k} - 1\right]} = S'\mathcal{H}. \tag{III}$$

Dans un travail antérieur [1], je me suis contenté d'utiliser les résultats de la formule (I) qui peut être étendue à des grains de forme quelconque : « la susceptibilité moyenne est égale à la moyenne des trois susceptibilités principales ». R. Chevallier [2] a imaginé les hypothèses qui l'ont conduit

(1) *Annales de Physique*, 10e série, **13**, 1930, p. 236.
(2) *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 1468.

à la formule (II). Enfin j'ai obtenu (¹) la formule (III) qui, établie au moyen d'un calcul analogue à celui de R. Chevallier, constitue une meilleure approximation.

Validité des formules lorsque la concentration s varie. — Pour $s = 0$, les trois formules sont les mêmes : $\mathcal{J} = S\mathcal{H}$. Pour $s = 0{,}01$, le terme

$$s\left[S\frac{1+Dk}{k} - 1\right]$$

est faible et cependant la susceptibilité est au moins égale à 0,002, ce qui est élevé pour une roche. L'interprétation des propriétés magnétiques des roches peut donc, en général, se faire au moyen de la seule formule (I). Lorsque la concentration augmente les formules (II) et (III) sont équivalentes tant que $s^2\left[S\frac{1+Dk}{k} - 1\right]^2$ est petit devant l'unité. Si nous passons de suite au cas extrême de $s = 1$, les formules deviennent respectivement :

$$\text{(II}'\text{)} \quad \mathcal{J} = S\mathcal{H}\left[2 - S\frac{1+Dk}{k}\right] \qquad \text{et} \qquad \text{(III}'\text{)} \quad \mathcal{J} = \mathcal{H}\frac{k}{1+Dk}$$

La formule (III) est tout à fait exacte, pour $s = 1$, alors que la formule (II) n'a plus de signification. Cependant, du fait que la formule (III) est exacte pour $s = 0$ et pour $s = 1$, il ne faut pas conclure qu'elle l'est aussi pour les valeurs intermédiaires. La vérification expérimentale de Long Yang (²) ne s'applique que pour des concentrations faibles, parce que les grains arrivent en contact pour $s = 0{,}5$, ce qui produit une augmentation de la susceptibilité apparente dont la formule ne peut rendre compte. Il est possible d'arriver à une concentration voisine de l'unité au moyen de grains géométriquement semblables mais de dimensions variées, les plus petits venant combler les intervalles situés entre les plus gros. Dans ces conditions, on peut prévoir un bon accord entre les valeurs expérimentales et les valeurs calculées, le calcul fournissant peut-être encore une susceptibilité un peu trop faible pour les valeurs de s voisines de $0{,}5$.

Pour étendre les résultats et les expériences au cas de grains non ellipsoïdaux, on admet qu'il y a équivalence entre un solide magnétique de forme quelconque et l'ellipsoïde de même composition ayant même volume et même susceptibilité apparente moyenne.

(¹) *Sur les propriétés magnétiques des roches* [66ᵉ *Congrès des Sociétés savantes*, 1933 (sous presse)].

(²) Long Yang, *Essai sur les propriétés magnétiques des poudres macroscopiques* (Thèses, Faculté des Sciences de Nancy, 1931).

MAGNÉTISME. — *La susceptibilité des solutions paramagnétiques.* Note de M. **G. Foëx**, transmise par M. Pierre Weiss.

Depuis la publication du travail de M. Fahlenbrach (1) sur le moment des ions de la famille du fer, une discussion s'est engagée entre cet auteur (2) et M. Vogt (3) d'une part, M. Gorter (4) d'autre part. Elle porte surtout sur le point suivant : Est-il légitime, lorsque la solution suit la loi de Weiss, $\chi(T-\theta)=C$, avec une valeur notable de θ, de calculer le moment de l'ion à partir de la constante C considérée comme une constante de Curie?

M. Gorter pense que le moment ionique dépend de la température et qu'on doit le calculer en prenant comme constante de Curie le produit $\chi.T$. La variation du moment, soit avec la température, soit avec la concentration, serait due à la formation progressive de complexes. La loi de Weiss serait une loi approchée, ou pour mieux dire simulée. Elle se vérifie avec toute la précision des mesures, mais ce résultat serait dû à la petitesse de l'intervalle de températures dont on dispose (65° chez M. Fahlenbrach) et à la lenteur de la variation du moment (quelques millièmes dans cet intervalle).

J'ai toujours soutenu et M. Fahlenbrach pense aussi que la constante C a bien la signification d'une constante de Curie et permet le calcul du moment.

Les arguments fournis de part et d'autre sont surtout d'ordre théorique; la discussion a peu de chances d'aboutir dans ces conditions étant donné le caractère temporaire de nos théories et l'incertitude qui subsiste sur la légitimité de leur application aux états très condensés de la matière.

Il est plus sûr de s'en tenir aux faits expérimentaux qui, tout au moins dans le cas particulier des sels de cobalt, permettent de répondre en grande partie à la question posée.

1° Les vérifications de la loi de Weiss obtenues par M. Chatillon (5), pour plusieurs solutions de sels de cobalt, sont plus précises que celles de M. Fahlenbrach citées par M. Gorter et elles portent sur un intervalle

(1) *Ann. der Phys.*, **13**, 1931, p. 353.
(2) *Phys. Zeitsch.*, **34**, 1933, p. 204.
(3) *Phys. Zeitsch.*, **34**, 1933, p. 687.
(4) *Phys. Zeitsch.*, **34**, 1933, p. 462.
(5) *Ann. de Phys.*, **9**, 1928, p. 187.

de températures deux fois plus étendu (130°). Les plus grands écarts atteignent à peine 2 millièmes, ils sont nettement accidentels.

M. Auer [1] a pu faire récemment des vérifications encore plus précises, bien que moins étendues, de la même loi. Les deux auteurs sont parfaitement d'accord sur les valeurs des constantes C et θ. Cela enlève beaucoup de poids aux arguments de M. Gorter basés sur le petit intervalle de températures et la faible précision des mesures.

2° On sait préparer le sulfate de cobalt anhydre soit avec 25,0 magnétons et $\theta = -25°$ soit avec 26,0 et $\theta = -55°$. Les solutions obtenues à partir de chacun de ces deux produits suivent la loi de Weiss. En utilisant, comme pour le solide la constante C fournie par cette loi, on trouve 25 magnétons et $\theta = -12°$ pour les solutions du sel à 25; 26 magnétons et $\theta = -33°$ pour les solutions du sel à 26. Ces dernières évoluent avec le temps et finissent par se fixer à 25.

Cela montre que la constante C de la loi de Weiss possède la même signification pour le solide et pour la solution puisque sa valeur reste la même. Avec le mode de calcul préconisé par M. Gorter, cette identité des moments à l'état solide et en solution disparaîtrait.

Dans ces cas au moins la valeur élevée trouvée pour θ ne peut être simulée ni par la formation d'un complexe, ni par une variation du moment avec la température. A l'état solide, en effet, le sel suit la loi de Weiss, de façon très précise, entre 15° et 500° C. Il faudrait une loi de variation très particulière du moment avec la température pour conduire à ce résultat. Dans les solutions la constante C, restant identiquement la même que dans le solide, n'est sûrement pas influencée par la formation de complexes.

Le moment 26, acquis par calcination à haute température, se conserve dans la solution; à ce moment correspond une valeur élevée de θ. Pour le sel à 25, θ est moins grand. Ce fait est général : beaucoup d'ions peuvent avoir, suivant les circonstances, des moments magnétiques différents [2]. Pour l'un d'eux θ est voisin de zéro, c'est souvent l'état magnétique le plus stable; pour d'autres θ est plus grand en valeur absolue. Ils peuvent être stables même en solution. Chaque moment correspond probablement à une configuration différente de l'ion (peut-être à un couplage particulier) et cette configuration une fois acquise paraît pouvoir se conserver.

---

(1) *Phys. Zeitsch.*, 33, 1932, p. 869.

(2) Au sujet de ces *variétés magnétiques*, voir G. Foex, *Journ. de Phys.*, 7° série, 2, 1931, p. 353.

Les faits cités plus haut viennent nettement à l'appui de l'opinion qui est aussi soutenue par M. Fahlenbrach, suivant laquelle la loi de Weiss est rigoureuse et suivant laquelle le moment, indépendant de la température, est calculable à partir de la constante C.

PHYSIQUE INDUSTRIELLE. — *Sur le vieillissement des revêtements à base de goudron.* Note de M. **André Léauté**, transmise par M. G. Charpy.

J'ai montré antérieurement qu'une poudre ténue de charbon riche en matières volatiles (plus de 25 pour 100 environ), mise en suspension dans un goudron, exerçait sur celui-ci une action spécifique que décelait la diminution de la perte de poids du goudron par évaporation, quand, épandu en couche mince, il était soumis à des températures oscillant chaque jour de 50 à 75° C.

Pour mettre de nouveau en lumière par une autre voie l'influence des fillers de charbon sur les goudrons, j'ai comparé directement la plasticité de revêtements minces portés à leur limite d'évaporation, selon qu'ils sont constitués par du goudron seul ou par le même goudron associé à un filler. Dans ce but, des plaquettes métalliques portant $0^{kg},5$ de revêtement par mètre carré, ont été maintenues en étuve jusqu'à poids constant selon la technique antérieurement décrite, puis portées à 250° au bain de sable [1]. Après refroidissement elles ont été courbées doucement et appliquées sur un mandrin ayant 1^{cm} de rayon; les parties incurvées ont été soumises à un frottement léger, puis redressées et photographiées. Les conditions de ces expériences ont pour but d'imiter celles auxquelles les revêtements de routes sont réellement soumis.

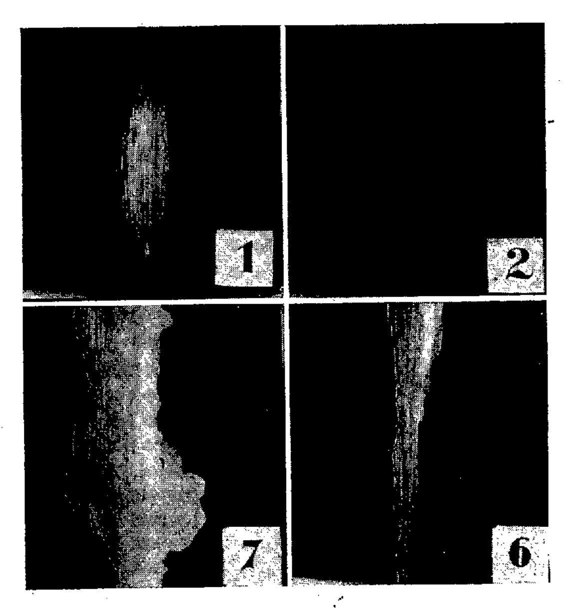
Le goudron ayant servi aux expériences est un goudron de houille, de haute température, déshydraté et privé de ses huiles de tête (goudron dit préparé, conforme au Cahier des charges du Ministère des Travaux publics). Le filler, dans certaines expériences, est une poudre de charbon flambant, à longue flamme, tenant 33 pour 100 de volatils et dont la moitié passait à travers le tamis de 300 mailles par pouce linéaire; dans les autres expériences, le filler est une poudre de craie, dont 80 pour 100 passait à travers le même tamis.

Les figures ci-après reproduisent l'aspect de quatre plaquettes portant les numéros 1, 2, 6, 7 dans la série des essais :

---

(1) Cf. André Léauté, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1729.

La plaquette 1 reproduit les caractères d'un goudron vieilli; l'incurvation produit de fines craquelures et le frottement subséquent détache peu à peu en aiguilles la quasi-totalité de la partie incurvée. La plaquette 2 montre, comme l'avaient fait prévoir les expériences antérieures ([1]) que le filler de charbon maintient la plasticité du revêtement; l'aspect en est le même que



Plaquette 1. Goudron sans filler. — *Plaquette* 2. Goudron à filler contenant 60 pour 100 du même goudron et 40 pour 100 de filler de charbon. — *Plaquette* 7. Goudron à filler contenant 65 pour 100 du même goudron et 35 pour 100 de filler de craie. — *Plaquette* 6. Le même goudron à filler que sur la plaquette 7, enrichi de bitume (12 pour 100 du poids du goudron).

pour les plaquettes, non reproduites ici, qui avaient été revêtues de bitume au lieu de goudron. Sur la plaquette 7, la cambrure, au lieu de reproduire des craquelures, a fait sauter le revêtement en bloc; mais sur la plaquette 6, l'addition de bitume a ramené le phénomène à un aspect voisin de celui du goudron seul (plaquette 1).

Ces résultats confirment que les poudres de charbon riche en matières volatiles exercent sur les goudrons, au sein desquels elles sont mises en suspension, une action restreignant l'évaporation et le vieillissement et, par cela même, confèrent au revêtement des propriétés voisines de celles des bitumes.

([1]) *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1729.

CHIMIE PHYSIQUE. — *La loi du déplacement de l'équilibre chimique*. Note [1] de M. **J.-E. Verschaffelt**, transmise par M. Le Chatelier.

En réfléchissant à la signification de la loi du déplacement de l'équilibre chimique [2], on reconnaît que cette signification est la suivante :

Si x, y et z sont trois facteurs de l'équilibre, deux indépendants, l'autre dépendant, la loi de l'équilibre établit une comparaison entre deux quotients différentiels, deux coefficients caractéristiques du système

$$\left(\frac{\partial x}{\partial z}\right)_F \quad \text{et} \quad \left(\frac{\partial x}{\partial z}\right)_n,$$

pris tous deux à y constant; le premier se rapporte au système en équilibre mobile, c'est-à-dire qu'il est pris suivant la courbe d'équilibre, le long de laquelle l'affinité $F = \Sigma \nu_1 \mu_1$ (les notations sont celles de M. Étienne) [3] reste constamment nulle, le second se rapporte au système invariable quant à sa composition (les nombres n de molécules des constituants ne changeant pas). La loi exprime notamment l'inégalité

$$(1) \qquad \left(\frac{\partial x}{\partial z}\right)_F < \left(\frac{\partial x}{\partial z}\right)_n.$$

Comme il est évident qu'à une pareille inégalité correspond toujours une inégalité opposée

$$(2) \qquad \left(\frac{\partial z}{\partial x}\right)_F < \left(\frac{\partial z}{\partial x}\right)_n,$$

la loi (1) ne peut avoir de sens qu'à condition que les facteurs x et z soient de deux espèces bien déterminées, comme les facteurs d'intensité et d'extensité d'Ostwald. Malheureusement, on ne réussit pas à faire nettement une pareille distinction, ce qui fait qu'il n'est pas possible d'énoncer une loi suivant laquelle les inégalités (1) et (2) seraient générales.

La relation entre les deux coefficients considérés est fournie par la formule d'analyse

$$\left(\frac{\partial x}{\partial z}\right)_F = \left(\frac{\partial x}{\partial z}\right)_n + \left(\frac{\partial x}{\partial n}\right)_z \left(\frac{\partial n}{\partial z}\right)_F;$$

---

(1) Séance du 25 septembre 1933.

(2) *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1557.

(3) *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1887.

ici la variable n est une grandeur qui définit la composition du système; c'est ce que M. De Donder appelle le degré d'avancement de la réaction (elle correspond au facteur x de M. Étienne). D'ailleurs

$$\left(\frac{\partial n}{\partial z}\right)_F = -\frac{\left(\frac{\partial F}{\partial z}\right)_n}{\left(\frac{\partial F}{\partial n}\right)_z}.$$

En remplaçant x, y et z par des facteurs convenables, on déduit de là d'importantes relations. On trouve, par exemple, à température constante

$$-\left(\frac{\partial p}{\partial v}\right)_F = -\left(\frac{\partial p}{\partial v}\right)_n + \frac{p_e v_e}{\left(\frac{\partial F}{\partial n}\right)_v},$$

où p_e et v_e sont les variations de pression $(\partial p/\partial n)_v$ et de volume $(\partial v/\partial n)_p$ par unité de degré d'avancement de la réaction. La stabilité de l'équilibre exigeant que ces grandeurs soient de même signe et que $(\partial F/\partial n)_v$ soit négatif, on a

$$-\left(\frac{\partial p}{\partial v}\right)_F < -\left(\frac{\partial p}{\partial v}\right)_n,$$

ce qui est conforme à la loi du déplacement de l'équilibre.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Analyse thermique du système acide chlorhydrique-trichlorure de bore.* Note de M. **W. Graff**, présentée par M. H. Le Chatelier.

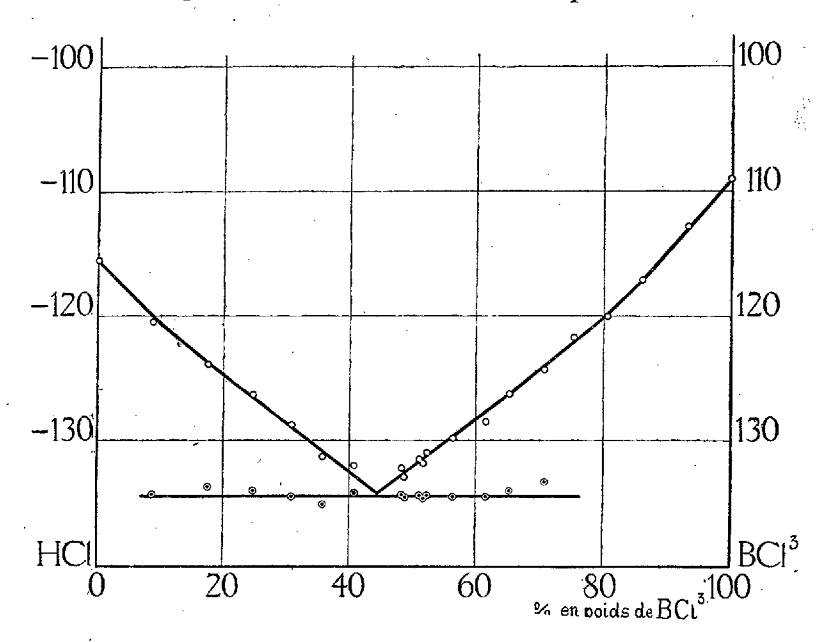
Aucune combinaison ne se manifeste dans les mélanges de chlore et de chlorure de bore ([1]). Il nous a paru intéressant de voir s'il en était de même avec les mélanges de chlorure de bore et d'acide chlorhydrique.

Le dispositif expérimental est celui qui nous a déjà servi dans des études analogues [([1]) et ([2])]. Cependant l'acide chlorhydrique à l'état liquide ne peut être manié en ampoules de verre à cause de sa très forte tension de vapeur à la température ordinaire; il nous a fallu utiliser pour ce constituant un autre dispositif d'introduction, que nous avons emprunté aux

([1]) *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1390.

([2]) A.-P. Rollet et W. Graff, *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 555.

travaux de Guye et de Baume (¹). Le gaz chlorhydrique sec remplit un ballon jaugé plongé dans la glace; un manomètre indique la quantité du gaz qui est prélevé par condensation dans l'air liquide.



Résultats. — Le point de congélation du chlorure de bore est à —108°,7 ± 0,3; celui de l'acide chlorhydrique est à —115°,5 ± 0,3; pour ce dernier corps Olszewsky (²) indique —115°,7. Nos enregistrements mettent en évidence à —176° la transformation de l'acide chlorhydrique, signalée par Eucken et Karwat (³).

La courbe ci-dessus donne les points de fusion en fonction de la composition.

L'eutectique se trouve à —134°,5 ± 1,0 et à 44 ± 1 pour 100 en poids de chlorure de bore; il se manifeste avec netteté dans les mélanges dont la composition est comprise entre 15 et 70 pour 100. La transformation de l'acide chlorhydrique est perçue jusqu'à la composition : 48 pour 100 de Cl^3B.

En résumé l'analyse thermique des mélanges de chlorure de bore et d'acide chlorhydrique ne montre l'existence d'aucune combinaison.

(¹) *J. Chim. phys.*, 1911-1913, *passim.*
(²) *Monatsh. für Chemie*, 5, 1884, p. 127.
(³) *Z. physik. Chemie*, **112**, 1924, p. 472.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Diffusions discontinues au sein de la gélatine.* Note de Mlle **Suzanne Veil**, présentée par M. G. Urbain.

Lorsqu'une goutte de la solution aqueuse suffisamment concentrée d'un électrolyte est déposée sur une couche de gélatine prise en gelée, mais non encore sèche, la diffusion subséquente procède très différemment selon les cas et n'affecte pas toujours un caractère de continuité. Notamment, d'après une étude antérieure ([1]), les carbonates alcalins diffusent suivant une large auréole composées de stries distinctes distribuées à la manière des anneaux de Liesegang. Ce mode de discontinuité n'est pas cependant le seul observable. On rencontre également, soit des auréoles zonées d'autres types, soit encore des auréoles ponctuées. Nous donnons ici quelques exemples de ces aspects variés.

Une diffusion zonée particulièrement remarquable est celle que fournit le sulfure de sodium. La diffusion se prolonge longtemps et intéresse un domaine relativement étendu. Tout d'abord, au cours de la journée qui suit le dépôt de la goutte sur la gélatine, se constitue une première zone, composée de plusieurs plages successives bien tranchées. Ultérieurement, à quelque distance, apparaissent d'autres zones concentriques moins marquées et peu propices à la photographie. La formation de l'auréole entière exige une durée de l'ordre de la semaine. On peut parer à l'envahissement par moisissures en opérant en atmosphère stérile. La figure 1 reproduit en vraie grandeur une préparation obtenue en atmosphère formolée, photographiée sur fond sombre.

Comme autres auréoles zonées, nous citerons encore l'auréole de l'acétate de plomb et celle du nitrate de plomb, composées l'une et l'autre de deux zones blanchâtres inégalement transparentes, puis l'auréole du nitrate mercureux, auréole dont la couleur grisâtre, accusant la réduction plus ou moins prononcée du sel au contact de la gélatine, se compose de zones inégalement foncées, séparées par de minces accumulations de matière.

Comme électrolytes fournissant des auréoles, non plus zonées mais ponctuées, nous citerons l'acide tartrique et les tartrates de sodium, de potassium et d'ammonium, électrolytes qui diffusent dans la gélatine en la jonchant de cristaux visibles à l'œil nu. Une auréole concernant le tartrate

---

([1]) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 109.

d'ammonium est reproduite figure 2, auréole ponctuée le plus finement à sa périphérie et à proximité de la goutte, avec des entités plus grosses et plus disséminées dans la région intermédiaire.

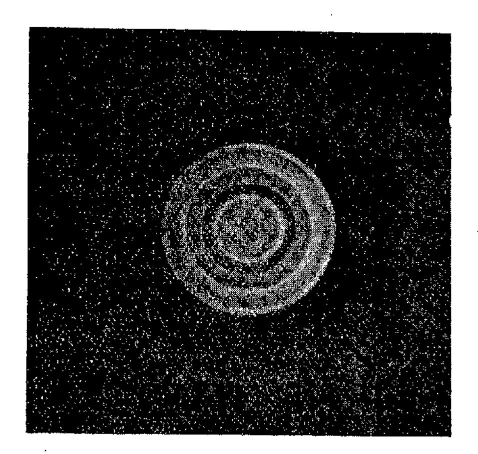


Fig. 1. — Figure de diffusion du sulfure de sodium.

Les phosphates de sodium, de potassium et d'ammonium présentent une diffusion à la fois ponctuée et zonée. Une première ceinture de l'auréole,

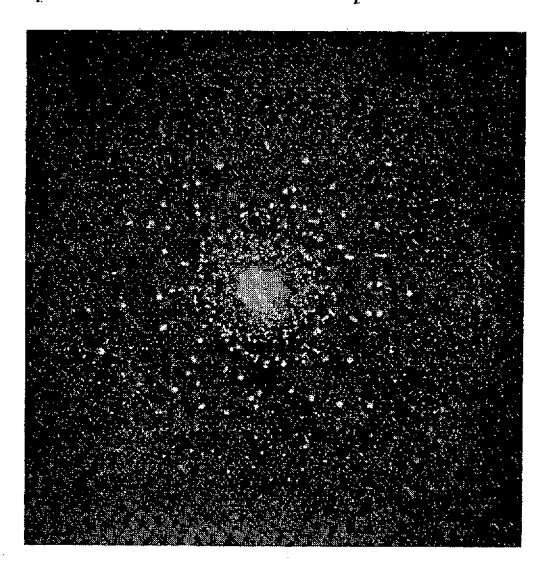


Fig. 2. — Figure de diffusion du tartrate d'ammonium.

susceptible d'avoir manifesté au début une tendance plus ou moins accusée à la stratification, se résout en petits cristaux distincts directement visibles.

Au bout d'un certain temps apparaît, à quelque distance, une deuxième ceinture de cristaux plus fins encore.

D'une manière générale, dans le cas des sels alcalins, la figure de diffusion paraît surtout conditionnée par l'anion, tandis que dans le cas des autres sels, c'est plutôt le cation qui semble intervenir.

Des présentes observations et des études du même ordre pratiquées jusqu'ici, on peut conclure qu'au sein d'un gel tel que la gélatine, un électrolyte donné diffuse suivant un mode qui lui est propre. Dans ces conditions et indépendamment des réactions chimiques éventuelles avec le milieu lui-même, on peut considérer comme caractère analytique d'un électrolyte la figure de diffusion obtenue par la méthode très simple et très directe ci-dessus décrite.

COLLOÏDES. — *Sur les causes de la disparition progressive de la diphénylamine dans les poudres colloïdales.* Note de M. **Henri Muraour**, présentée par M. G. Urbain.

On sait que le taux de diphénylamine des poudres colloïdales diminue lentement avec le temps. D'après la théorie classique, cette disparition a pour cause la transformation lente du stabilisant en dérivés nitrosés et nitrés par les vapeurs nitreuses que dégagerait lentement le coton-poudre à la température ordinaire.

Dès 1914, nous avons montré que cette disparition devait être attribuée non pas à ce dégagement hypothétique, qui n'a jamais pu être mis en évidence [1], mais à une réaction entre le coton-poudre et le stabilisant. Le mécanisme paraît être le suivant : la diphénylamine joue le rôle de réducteur vis-à-vis de l'éther nitrique, ce dernier se transforme en éther nitreux instable qui agit comme agent de nitrosation et de nitration. Cette réaction est générale pour les éthers nitriques et elle est sans rapport avec la plus ou moins grande stabilité de l'éther. Nous avons également montré qu'en l'absence de catalyseur cette réaction est extrêmement lente [2], mais qu'en présence de sels de cuivre la vitesse de la réaction est considérablement augmentée.

Nous avons repris l'étude de cette action catalytique et constaté que

---

[1] Si ce dégagement existe il est si faible qu'il ne pourrait produire des effets notables qu'après quelques siècles de conservation.

[2] Sauf pour la nitroglycérine et pour cette raison la diphénylamine ne peut être utilisée dans les poudres fabriquées avec cet éther nitrique.

l'intensité d'action des sels de cuivre dépend de la nature des sels en présence. *Elle est considérablement renforcée en présence de chlorures alcalins ou alcalino-terreux*. C'est ainsi que si l'on conserve à la température ordinaire un mélange de 2^g coton-poudre industriel à 13 pour 100 d'azote, $0^g,2$ diphénylamine, $0^g,1$ chlorure de potassium et 30^{cm} d'alcool contenant $0^g,1$ acétate de cuivre par litre, on constate, après 3 mois, *la disparition de la diphénylamine*. Celle-ci est transformée en un mélange complexe de produits d'oxydation et de dérivés nitrés dont nous poursuivons l'étude. A 50° la réaction est terminée en quelques jours. La vitesse de la réaction paraît être influencée par les impuretés minérales qui accompagnent le coton-poudre industriel. Avec un CP exempt d'impuretés minérales l'attaque est beaucoup plus lente. Pour un mélange constitué avec ce dernier CP, de la diphénylamine, du chlorure de potassium et de l'alcool, *sans sel de cuivre* l'attaque paraît être nulle.

Nous avons également exécuté des essais soit à 75° (0,2 nitrocelluloses, 0,1 diphénylamine, 10^{cm^3} alcool + catalyseur) soit en introduisant la diphénylamine et les catalyseurs dans les collodions préparés avec le mélange alcool-éther. *Nous avons constaté que l'introduction dans le collodion de sels organiques (oxalates, tartrates) s'oppose à l'action catalytique des sels de cuivre*. Le ferrocyanure de potassium, qui précipite le cuivre, a la même action.

Non seulement la présence de sels de cuivre et de chlorures favorise l'attaque du CP par la diphénylamine, mais elle favorise aussi la dénitration du CP par l'alcool seul.

En résumé la disparition de la diphénylamine dans une poudre colloïdale peut avoir pour cause soit une acidification, due par exemple à l'utilisation d'un coton-poudre insuffisamment lavé à chaud. (Il y a alors décomposition progressive du CP par hydrolyse, comme nous l'avons précédemment indiqué), soit une oxydation lente de la diphénylamine en présence d'un catalyseur.

Cette dernière cause d'attaque du coton-poudre disparaît naturellement si à la diphénylamine on substitue un stabilisant non oxydable par l'éther nitrique, la diéthyldiphénylurée symétrique, par exemple [1] et il y a là un

(1) Nous avons constaté que la centralite pure (diéthyldiphénylurée sym.) n'est attaquée ni par le coton-poudre ni par la nitroglycérine, même en présence de sels de cuivre et de chlorures, mais que la centralite industrielle contient parfois une impureté qui attaque la nitroglycérine (même en l'absence de catalyseurs) ou le coton-poudre (en présence de sels de cuivre) avec formation de dérivés nitrés fortement colorés en jaune.

argument sérieux en faveur de l'introduction dans les poudres à la nitrocellulose des stabilisants de ce type, déjà utilisés dans les poudres à la nitroglycérine.

Il résulte d'ailleurs d'essais que nous avons exécutés en acidifiant intentionnellement à la surface des brins de poudre avec de l'acide nitrique et en les conservant pendant 7 ans à la température ordinaire, que la centralite s'oppose au moins aussi bien que la diphénylamine, à la décomposition de la nitrocellulose par hydrolyse.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Contribution à la recherche des falsifications du beurre de cacao. La détermination de l'indice d'acidité azélaïque.* Note [1] de M. G. **Schuster**, présentée par M. A. Béhal.

Nous avons défini dans un travail précédent [2] l'indice *d'acidité azélaïque* et l'avons déjà appliqué à la recherche des falsifications du beurre de cacao et du beurre de vache. Cet indice est représenté par le nombre de milligrammes de potasse nécessaire pour saturer l'acidité de un gramme du mélange des glycérides acides insolubles provenant de l'oxydation permanganique de la matière grasse.

La détermination directe de l'indice d'acidité azélaïque par isolement des glycérides et mesure volumétrique de leur acidité est délicate en raison de la difficile élimination de l'acide pélargonique peu soluble dans l'eau. Nous avons modifié la technique déjà décrite en utilisant la grande différence de solubilité dans l'alcool à 80° du pélargonate de magnésium et des sels de magnésium des éthers azélaïques.

Voici quelques déterminations qui permettent de se rendre compte de ce qu'on peut attendre de ces solubilités :

L'alcool à 80° à la température d'environ 15° dissout de 30 à 40 pour 100 de pélargonate de magnésium; dans les mêmes conditions les sels magnésiens de quelques glycérides azélaïques sont beaucoup moins solubles.

1° *Détermination de l'indice d'acidité azélaïque.* — Voici la technique suivie pour la détermination de l'indice d'acidité azélaïque, en prenant comme exemple le beurre de cacao :

40^g de beurre de cacao dissous dans 400^{cm^3} d'acétone sont oxydés par

---

(1) Séance du 2 octobre 1933.

(2) *Thèse diplôme super. pharm.* (Paris, 1932; Pichon, éditeur).

160^{g} de permanganate de potassium suivant la technique décrite dans une Note précédente [1].

Cette partie du mode opératoire a déjà été exposée.

Voici maintenant la modification basée sur la différence de solubilité dans l'alcool à 80° du pélargonate de magnésium et des sels magnésiens des éthers azélaïques.

Le mélange acide est dissous dans 350$^{cm^3}$ d'alcool à 80°, la solution est neutralisée exactement à l'aide d'une solution alcoolique de soude. On ajoute ensuite à la liqueur chaude une solution également chaude (70-80° environ) de 6^{g} de chlorure de magnésium desséché, dissous dans 60$^{cm^3}$ d'alcool à 80°.

La liqueur est laissée au repos pendant 24 heures à la température de 15°. Les sels de magnésium des glycérides azélaïques précipitent; la liqueur est filtrée, dans le filtrat se trouve le pélargonate de magnésium souillé de petites quantités de sels magnésiens azélaïques, que l'on peut négliger, car cette perte n'a aucune influence sur le pourcentage d'acidité qu'il s'agit de doser.

Le précipité est recueilli, lavé à l'aide de 100$^{cm^3}$ d'alcool à 95° afin d'éliminer tout le pélargonate, puis à l'eau distillée. La masse est ensuite séchée dans le vide sulfurique.

L'indice d'acidité azélaïque est déterminé sur une prise d'essai de 1^{g} environ du mélange des sels magnésiens. Le dosage du magnésium à l'état de sulfate permet de calculer, d'une part, à combien de glycérides acides correspond la prise d'essai et, d'autre part, l'acidité de cette prise d'essai. Afin de conserver la définition de l'indice d'acidité azélaïque donnée plus haut on exprime en milligrammes de potasse le poids de sulfate de magnésium trouvé, sachant que 1^{mol} de sulfate de magnésium est équivalente à 2^{mol} de potasse.

Le poids de glycérides acides est donné par la formule

$$(P-p)+\frac{p}{12};$$

P exprime le poids de la prise d'essai, p celui du magnésium, $p/12$ la quantité d'hydrogène correspondant au magnésium.

Ainsi 1^{g},012 de sels magnésiens fournissant 0^{g},105 de sulfate de magnésium renferme 0^{g},021 de magnésium, ce qui correspond à 0^{g},9927 de glycérides acides.

---

(1) *Journ. Pharm. Chim.*, 8e série, 16, 1932, p. 421-431.

La quantité de potasse nécessaire pour saturer l'acidité de ces $0^g,9927$ d'éthers azélaïques correspond à la quantité de magnésium dosé et est donnée par la relation

$$\frac{112 \times 0,105}{120}.$$

L'indice d'acidité azélaïque est donc dans le cas particulier de 98,7.

L'indice d'acidité azélaïque moyen du beurre de cacao est de 98,7.

2° *Détermination de l'indice d'acidité azélaïque du beurre de Karité.* — L'indice du beurre de Karité, déterminé en suivant la technique précédente, est de 131,1.

3° *Étude de mélanges en proportions variables de beurre de cacao et de beurre de Karité.* — Nous avons déterminé expérimentalement les indices de mélanges à 25 et 50 pour 100 de beurre de Karité, les chiffres moyens trouvés ont été de 114,1 pour le mélange à 50 pour 100 et de 106,6 pour celui à 25 pour 100 (le calcul donne 114,9 pour le mélange à 50 pour 100 et de 106,8 pour celui à 25 pour 100).

Conclusions. — L'indice d'acidité azélaïque permet de déterminer le pourcentage de la falsification du beurre de cacao dans le cas de mélange simple avec le beurre de Karité; dans le cas de mélanges plus complexes il peut servir à déceler la falsification.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur une réaction très sensible de l'acide borique étudiée à propos d'un problème biochimique.* Note de M. **Fr. Hahn**, présentée par M. G. Urbain.

Selon un théorème général, quand on mélange des solutions de même pH (solutions isoalcalines), le pH du mélange reste le même. Ce théorème suppose évidemment l'absence de réaction entre les constituants des solutions. Si l'on mélange au contraire des solutions isoalcalines d'acide borique et d'un composé polyhydroxylé, susceptible de se combiner à l'acide borique, le pH du mélange doit être plus faible que celui des liqueurs primitives, un acide complexe plus fort que l'acide borique prenant naissance. Étant donné l'intérêt biologique de cette réaction, j'ai fait l'étude de sa sensibilité.

I. On porte à l'ébullition un mélange de glycérine et d'eau (1/1), on y ajoute de la phénolphtaléine, puis goutte à goutte une solution centinormale de soude jusqu'à légère coloration rouge persistante; puis on le

refroidit. On ajoute de même à la solution à examiner de la phénolphtaléine et de la soude ou de l'acide chlorhydrique), de sorte que la coloration soit sensiblement égale. Par mélange de ces deux solutions on obtient une décoloration complète, si la teneur en bore atteint ou dépasse 0,5 γ/cm^3.

II. Le bleu de bromothymol est employé comme indicateur, et la solution à examiner est additionnée de soude ou d'acide jusqu'à obtention de la teinte de passage (vert). En y ajoutant du mannitol en poudre, on obtient un virage vers le jaune. Pour déceler des concentrations et des quantités extrêmement petites d'acide borique, le mannitol employé est recristallisé d'une solution, neutralisée de la même manière à l'aide du bleu de bromothymol; on le lave à l'acétone pure et on le sèche au bain-marie. La solution à examiner, préparée de la manière décrite, est divisée en deux parties dont l'une est additionnée de mannitol. Par comparaison des couleurs, le virage est perceptible jusqu'à une teneur en bore de 0,02 γ/cm^3; deux gouttes de solution, l'une mise à côté de l'autre sur une plaque de porcelaine, suffisent. D'où il résulte que la limite de la concentration est 2.10^{-8} et la limite de la quantité décelable 0,001 γ.

La réaction la plus sensible dont on ait fait usage jusqu'à présent pour déceler l'acide borique est le virage de la 1.2.5.8-tétraoxyanthraquinone, dissoute dans l'acide sulfurique concentré (¹); cette réaction est beaucoup moins sensible; elle permet de déceler 0,06 γ.

La grande sensibilité de la réaction examinée, se produisant dans un milieu sensiblement neutre, offre, plus encore que son emploi analytique, un intérêt spécial au point de vue biochimique. De plus en plus, on trouve que ce ne sont pas seulement les éléments C, H, O, N, S, P et quelques autres, connus depuis longtemps et se trouvant partout, qui constituent les organismes. En dehors de ces éléments, dits plastiques (²), on en trouve par-ci par-là d'autres, dits catalytiques, en traces minimes, mais indispensables, chacun à sa place, pour l'existence et le développement de la matière vivante. On a trouvé, il y a quelques mois, que l'acide borique est indispensable pour un développement biologique déterminé (³). Les grains de pollen d'une espèce de nénuphars des tropiques poussent dans une goutte de liquide, se trouvant au bout du pistil. Ce liquide (contenant

---

(¹) FR. FEIGL et P. KRUMHOLZ, *Mikrochemie*, Pregl-Festschrift, 1929, p. 77.

(²) G. BERTRAND, *Zeitschr. f. angew. Chemie*, 44, 1932, p. 917.

(³) TH. SCHMUCKER, *Naturwissenschaften*, 20, 1932, p. 839.

environ 1 pour 100 de glucose et 0,1 pour 100 de matière minérale, ClK, Cl^2Ca, etc.) reproduit synthétiquement, n'a pas donné l'effet attendu; il faisait toujours éclater les grains de pollen. A la suite de nombreux essais, on a trouvé que l'adjonction de $0^{mg},01$ d'acide borique par centimètre cube donne à cette solution toute l'efficacité du liquide naturel, et c'est la même teneur en bore qui fut trouvée en analysant les cendres du résidu d'évaporation de ce dernier. $0,5\ \gamma/cm^3$ sont encore décelables par leur action favorable sur la germination du pollen. Vu la facilité avec laquelle prennent naissance et se décomposent les acides boriques complexes, on pourrait supposer que c'est la liaison intermédiaire de cette petite quantité d'acide borique à un composé polyhydroxylé, contenu dans le pollen, qui est essentielle pour la germination; aussi m'a-t-il semblé important d'examiner la sensibilité d'une réaction analogue, purement chimique. Ainsi que cela a déjà été constaté dans nombre d'autres cas, cette sensibilité surpasse considérablement celle de la réaction cellulaire.

CHIMIE MINÉRALE. — *Catalyse et transformation des cyanures alcalino-terreux en cyanamides.* Note de MM. **A. Perret** et **R. Perrot**, présentée par M. G. Urbain.

L'évolution des mélanges de cyanure de sodium et de chlorure de la deuxième série de la classification de Mendelejeff sous l'action de la chaleur conduit à l'obtention de nitrure ou de cyanamide suivant la nature de l'élément [1].

Les taux de transformation dépendant très intimement d'actions catalytiques, nous avons fait l'étude détaillée du système chlorure de calcium et cyanure de sodium, en faisant varier la nature du catalyseur, la température et la concentration.

Le mode opératoire a consisté à chauffer sous vide les mélanges salins en nacelle d'argent. L'efficacité du catalyseur est exprimée par le taux de transformation atteint au bout d'intervalles de temps égaux.

L'expérience a montré que la réaction

$$CaCl^2 + 2\,NaCN \rightarrow CaNCN + C + 2\,NaCl$$

est spontanée, mais très lente. A la température de 570°, les taux de transformation n'atteignent que les valeurs suivantes :

---

[1] *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 268.

Durée	70 min.	6 heures.	30 heures.
Transformés (pour 100)	4,5	8,5	21,3

En présence d'un catalyseur métallique actif, l'état stationnaire est atteint déjà au bout de 3 heures, avec un taux de 82 pour 100 [1].

Les éléments étudiés au point de vue de leur action catalytique ont été ajoutés à l'état de poudre impalpable résultant soit d'une pulvérisation au mortier, soit de la réduction d'oxydes par l'hydrogène. Leur addition au mélange salin à raison de 20 pour 100 en poids conduisit après un chauffage de 3 heures à 570°C., aux résultats résumés ci-dessous :

	Pour 100 de transformation en cyanamide du mélange $CaCl^2 + 2NaCN$.
Fe, Co, Ni	82
Mn; Pt [calc. de $(NH^4)^2PtCl^6$].	60
Ag, Ca, Li, V, Mo, W, Cr, Mg, Al, Gl, C, Si.	Mêmes valeurs que lors de l'évolution spontanée du mélange.

Il nous semble utile de souligner ici le fait que dans la catalyse de cette réaction ce sont les éléments doués de faible affinité pour l'azote qui présentent l'activité la plus grande. L'analogie avec la propriété essentielle des catalyseurs de synthèse ammoniacale est frappante et fait entrevoir que le mécanisme de leur action se ramène également à la formation d'une combinaison de courte durée de vie avec l'azote de la fonction cyanure.

L'influence de la température et de la concentration sur cette réaction a été examinée par le chauffage de mélanges contenant 2, 3 et 4 molécules de cyanure de sodium pour une de chlorure de calcium. Au bout de 3 heures, les états stationnaires obtenus en présence de fer ont présenté la composition suivante :

Pour 100 *de transformation.*

	$t = 570°$.	$t = 670°$	$t = 760°$.
Mélange (2 NaCN)	82	82	73
Mélange (3 NaCN)	77,5	77,5	77
Mélange (4 NaCN)	74,5	74,5	77

Grandes pertes par sublimation.

(1) Dans la précédente Note, nous avions signalé l'obtention en présence de fer de teneurs en cyanamide s'élevant à 19,6 pour 100. L'anomalie de cette valeur, qui ne correspond qu'à un taux de transformation de 51,3 pour 100, fut le résultat de la présence de chlorure de calcium basique.

L'addition de chlorure de sodium ne semble pas exercer d'action limitatrice notable. D'autre part, un refroidissement lent entre 570 et 470° C. ne s'accompagne que d'une faible régression.

Ces observations permettent de conclure que la réaction ayant fait l'objet de cette étude appartient, dans ce domaine de température, à la classe des transformations irréversibles. Bien que l'action primaire consiste en une double décomposition du type : $CaCl^2 + 2NaCN \rightleftharpoons 2NaCl + Ca(CN)^2$ l'irréversibilité est le résultat de la décomposition du cyanure de calcium au contact du catalyseur.

La limitation du taux de transformation doit être attribuée à la fixation du carbone par la cyanamide de sodium provenant de la réaction

$$CaNCN + 2NaCl \rightleftharpoons Na_2NCN + CaCl^2.$$

Ces résultats apportent d'autre part de nouveaux éléments étayant l'hypothèse de la présence prédominante du cyanure de sodium dans les produits industriels obtenus par conversion de la cyanamide de calcium en cyanure par fusion avec du sel marin.

CHIMIE APPLIQUÉE. — *Nouvelles remarques sur la reconstitution de la technique picturale de Jean van Eyck*. Note de MM. **Jacques Maroger** et **George Mourier-Malouf**, présentée par M. d'Ocagne.

Nous rappellerons que le secret de la technique picturale de Jean van Eyck, que l'un de nous croit avoir reconstitué (¹), repose sur l'emploi d'une huile résinée émulsionnée dans une eau gommée. De nouvelles recherches poursuivies depuis quelques mois nous ont permis de préciser certaines caractéristiques de ce produit désigné aujourd'hui par le nom de *médium*.

Ce médium, à l'état sec, est transparent. Il se présente microscopiquement comme constitué par une infinité de petites gouttelettes oléo-résineuses superposées qu'agglomère la matière stabilisatrice également transparente.

Nous avons ainsi une juxtaposition de deux systèmes optiques différents; l'un continu, l'autre discontinu, ayant chacun son indice de réfraction propre.

Grâce à l'écartement des pigments, que leur affinité unit aux lentilles

(¹) *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 740.

oléo-résineuses, nous avons une puissance optique totale et une valeur chromatique extrêmement élevée avec une quantité minime de pigments, ce que l'on ne peut obtenir avec les procédés actuels qui sont ternes, alors que le médium est lumineux.

Par la forme même de l'émulsion, nous réalisons l'écart pigmentaire optimum. En effet, le pigment, dès son introduction, vient se placer au contact du produit d'élection par une sorte d'affinité. Certains auteurs pensent qu'ils se trouvent devant un phénomène d'électrolite. Il ne nous est pas possible de préciser actuellement si le pigment se place à la périphérie ou à l'intérieur de la gouttelette oléo-résineuse, ou s'il intervient entre le pigment et cette gouttelette des échanges osmotiques. Quoi qu'il en soit, la distribution du pigment dans le médium obéit à une règle définie pour chaque pigment. C'est ainsi que le vermillon et la céruse, introduits simultanément dans le médium s'y distribuent de façon différente, sans qu'il y ait contact entre ces deux pigments.

L'écart interpigmentaire ainsi réalisé est donc optimum puisqu'il nous donne une sécurité quant aux réactions chimiques ultérieures qui pourraient résulter d'un voisinage trop intime. Ce phénomène explique la parfaite conservation des tableaux anciens.

Dans les procédés actuels l'huile sèche par oxydation superficielle, formant une pellicule qui retarde la dessiccation des couches profondes.

Cette dessiccation défectueuse aboutit à la formation de craquelures ou de gerçures qui permettent de mal augurer de la pérennité des œuvres modernes. Le médium, au contraire, sèche dans sa masse, du fait de sa composition. Il est inaltérable et sa transparence, une fois sèche, permet d'affirmer que la touche conservera toujours sa luminosité et ses caractères chromatiques.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Étude des α-chlorures vinylacétiques.* Note (1) de M. **R. Rambaud**, transmise par M. Urbain.

Nous avons déjà signalé (2) que $SOCl^2$, réagissant sur l'ester éthylique de l'acide vinylglycolique, donne avec un excellent rendement un chlorure

(1) Séance du 24 juillet 1933.
(2) *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 389.

que nous avons caractérisé comme l'α-chlorovinylacétate d'éthyle :

$$CH^2=CH-CHOH-COOR \rightarrow CH^2=CH-CHCl-COOR.$$

La réaction se répète identiquement avec les esters méthyliques et propyliques, donnant des chlorures dont voici les constantes :

Méthyline : Eb. 55° sous 20mm; $d_{24,5}$, 1,131; $n^D_{24,5}$, 1,440; R. M. calc. 31,35; théor. 31,23.

Propyline : Eb. 75° sous 17mm; d_{19}, 1,046; n^D_{19}, 1,438; R. M. calc. 40,78; théor. 40,47.

Par une réaction analogue, le nitrile vinylglycolique est transformé en nitrile α-chloro-vinylacétique :

Eb. 133-134°; n^D_{20}, 1,441; d_{20}, 1,073; R. M. calc. 24,98; théor. 24,90.

Il faut seulement prendre, en raison de l'instabilité du nitrile alcool, des précautions assez grandes dans l'introduction des réactifs.

Si l'on utilise le nitrile pur, la réaction donne des rendements médiocres, par suite de la formation d'un nitrile saturé dichloré. Il est préférable de diluer la cyanhydrine dans de l'éther anhydre auquel cas le rendement peut atteindre 50 pour 100.

La structure du nitrile chloré a été prouvée par sa transformation en α-chlorovinylacétate de méthyle sous l'influence de HCl en milieu alcoolique.

Il semble impossible de passer du nitrile α chloré à l'acide α chloré. Toutes les tentatives d'hydratation par HCl gazeux ou dissous, concentré ou dilué, ont abouti finalement à l'obtention d'une amide dichlorée saturée.

On ne peut y passer non plus par l'action des alcalis. Ceux-ci hydratent bien la fonction nitrile, mais en même temps isomérisent le produit formé de sorte qu'on obtient au lieu de l'acide α-chlorovinylacétique, l'acide α-chlorocrotonique F = 99°.

$$CH^2=CH-CHCl-CN \rightarrow CH^3-CH=CCl-CN.$$

La formation de ce dernier acide est due à la migration allylique de l'hydrogène mobile qui accompagne le chlore, et cette prototropie se rapproche étroitement de celle que nous avons déjà signalée à propos de l'action de PBr^3 sur le nitrile vinylglycolique (1).

L'ammoniaque agit de même : l'hydratation qu'elle provoque est cependant moins complète. On obtient l'amide α-chlorocrotonique F = 112°.

(1) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 689.

Le nitrile n'est pas le seul de nos produits chlorés qui soit le siège de telles migrations : dans tous les esters α-chlorovinylacétiques on peut aisément en provoquer de semblables. Tous les esters sont saponifiables partiellement par les alcalis et l'acide auquel on arrive est l'acide α-chlorocrotonique; tous sont saponifiables partiellement par l'ammoniaque et fournissent l'amide α-chlorocrotonique.

La prototropie est donc la règle dans tous ces cas : le chlore qu'on pouvait s'attendre à voir migrer reste en place; l'hydrogène par contre subit la transposition $\alpha - \gamma$.

Dans tous nos dérivés allyliques, le chlore ne manifeste pas seulement une inertie très grande à la migration, mais aussi une passivité réactionnelle remarquable. Il résiste aux solutions tièdes, même concentrées, de potasse; l'hydrate d'argent lui-même le respecte : il agit sur les esters chlorés comme un oxydant et enlève l'atome d'hydrogène mobile avec condensation de deux restes de molécules :

$$2\,AgOH + 2\,CH^2{-}CH{=}CHCl{-}COOR \rightarrow COOR{-}(C^6H^6Cl^2){-}COOR + 2\,Ag + 2\,H^2O$$

donnant des produits cristallisés, possédant deux doubles liaisons, et dont la structure n'est pas encore déterminée avec certitude. Les esters chlorés refusent de se laisser attaquer par l'acétate d'argent à 140°. Le mélange acétate de sodium-acide acétique ne les transforme pas davantage en acétines, mais il les isomérise complètement en esters α-chlorocrotoniques, ce qui montre que la prototropie peut avoir lieu également en milieu acide.

Elle s'y produit cependant avec moins de facilité. En portant au bain-marie bouillant un mélange d'α-chlorovinylacétate de méthyle et d'acide chlorhydrique dilué, jusqu'à homogénéité du milieu et extrayant immédiatement à l'éther on peut en effet obtenir une simple saponification de la méthyline, non suivie de prototropie. Nous avons pu isoler ainsi l'acide α-chlorovinylacétique, liquide d'odeur agréable, très sensible à l'action des alcalis qui le transforment instantanément en son isomère crotonique, et possédant les constantes suivantes :

Éb. : 103-104 sous 19^{mm}, d_{22} : 1,237, n^D_{22} : 1,459.
R.M. calc. : 26,63, théor. : 26,61.

On obtient, de plus, en queue de distillation, des traces d'acide γ-chlorocrotonique, F = 83°, ce qui montre l'existence d'une légère isomérisation allylique vraie du produit formé.

L'étude ci-dessus met en évidence dans les dérivés α-chlorovinyl-

acétiques la stabilité extrême du chlore et, par contre, la très grande mobilité de l'hydrogène en α. Nous avons déjà cité des exemples où la mobilité de l'H pouvait être supérieure à celle d'un groupe OH, et entraîner des isomérisations imprévues ([1]), mais l'exemple des chlorures est infiniment plus net. En effet la prototropie dans les alcools, toujours masquée par une cétonisation, n'est pas simple. Au contraire les réactions de nos dérivés chlorés sont des exemples de prototropie absolument typiques.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Méthode générale de préparation des di et triarylacétonitriles*

$$\begin{matrix}Ar \\ Ar'\end{matrix}\!\!>\!CH-CN \quad \text{et} \quad \begin{matrix}Ar \\ Ar' \\ Ar''\end{matrix}\!\!\!-C-CN.$$

Note de M. **J. Hoch**, présentée par M. Delépine.

J'ai montré précédemment ([2]) que le cyanure de benzyle α bromé se condense avec le benzène en présence de Cl^3Al pour donner avec de bon rendement le diphénylacétonitrile.

Le diphénylacétonitrile et surtout ses dérivés de substitution sur le noyau étant jusqu'à présent peu accessibles, il était intéressant de tenter de généraliser cette méthode, en condensant des arylacétonitriles α bromées avec les dérivés du benzène.

L'expérience m'a montré que cette réaction s'effectue (pour tous les cas que j'ai étudiés) avec d'excellents rendements.

J'ai utilisé le mode opératoire suivant : le nitrile (1^{mol}) étant introduit dans un ballon et porté à la température d'environ 105-110°, on ajoute peu à peu $1^{mol},1$ de Br. On chauffe jusqu'à ce qu'il n'y ait plus de dégagement de BrH, on laisse refroidir, puis sans isoler le nitrile bromé, on ajoute le dérivé aromatique que l'on désire condenser avec ce cyanure bromé (s'il s'agit de benzène on emploie un excès de ce carbure comme solvant (6^{mol}), dans les autres cas, on mélange le dérivé aromatique ($1^{mol},5$ avec 3-4 fois son poids de CS^2) et par petites quantités 1^{mol} de Cl^3Al. La réaction est très vive, on l'achève en chauffant doucement, puis on verse

([1]) *Loc. cit.*

([2]) *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1617.

le mélange sur un mélange de glace et d'acide chlorydrique et traite comme d'habitude.

La réaction est accompagnée d'une résinification assez importante. Ces résines, peu solubles dans le benzène et le sulfure de carbone, sont facilement éliminées par la suite.

J'ai condensé ainsi le cyanure de benzyle α bromé avec le benzène, le toluène, le *p*-xylène, l'anisol et le naphtalène; le cyanure de *p*-méthylbenzyle α bromé avec le toluène et le *p*-xylène; le 1-naphtylacétonitrile α bromé avec le benzène, et le 2-naphtylacétonitrile bromé avec le *p*-xylène.

J'ai obtenu par ces réactions : le diphénylacétonitrile (P. F. 76°; R^t 75 %), l'α-phényl α-(*p*-tolyl)-acétonitrile (P. F. 62°; R^t brut 59 %), l'α-phényl α-(2.5 diméthylphényl)-acétonitrile (P. F. 52°; R^t 55-60 %), l'α-phényl α-(*p*-anisyl)-acétronitrile (P. F. 127°; R^t brut, 35 %), l'α-phényl α-(1-naphtyl)-acétonitrile (P. F. 98°; R^t brut, 67 %) le di-*p*-tolyl-acétonitrile (P.E. 212 sous 18^{mm}; R^t 62 %), l'α-*p*-(tolyl)-α-(2,5 diméthylphényl)-acétonitrile (P. E. 212° sous 18^{mm}; R^t 62 %); l'α-phényl α-(1-naphtyl)-acétonitrile (P. F. 90°; R^t 35 %) (produit pas très pur) et l'α-2,5-diméthylphényl) α-(2 naphtyl)-acétonitrile (P. F. 106°; R^t 40 %).

La condensation du cyanure de benzyle bromé avec le toluène et l'anisol fournit aussi un peu de dérivé orthosubstitué, mais la majeure partie est constituée par les dérivés *para* signalés ci-dessus. L'α-(*o*-anisyl) α-phénylacétonitrile fond à 77°. L'α-phényl α-(*o*-tolyl) acétonitrile qui semble liquide (P. E. 200-201° sous 22^{mm}) ne put être obtenu exempt du dérivé *para*.

A côté de ces réactions principales, j'ai constaté dans quelques cas une réaction accessoire. Ainsi en condensant le cyanure de benzyle et le cyanure de *p*-méthylbenzyle α-bromés, avec le toluène, j'ai isolé respectivement en plus des produits indiqués, de l'α-phényl αα-di (*p*-tolyl) acétonitrile (P. F. 134°) et du tri *p*-tolyl acétonitrile (P. F. 191°) en petites quantités.

La formation de ces produits s'explique aisément par la présence d'une certaine quantité de nitrile dibromé, qui se condense avec 2^{mol} de ArH en triarylacétonitrile.

Ayant constaté cette réaction, j'ai tenté de fixer directement deux radicaux aryles sur un arylacétonitrile. En bromant le cyanure de benzyle (1^{mol}) avec 2^{mol} de brome à 120° et en traitant la solution benzénique (10^{mol}) (ou 2^{mol},5 de toluène dilué dans 5 fois son poids de CS^2) du nitrile dibromé

brut avec Cl^3Al ($1^{mol},1$) j'ai obtenu : le triphénylacétonitrile (P. F. 128°; R[1] 15 %) et l'α-phényl αα-di-p-tolylacétonitrile (P. F. 134°; R[1] 33 %).

D'autre part, les diarylacétonitriles se broment aisément à 105° et peuvent également se condenser avec des dérivés aromatiques pour donner des triarylacétonitriles.

En condensant le diphénylacétonitrile α-bromé brut avec le benzène et le toluène, j'ai obtenu le triphénylacétonitrile (P. F. 128°; R[1] 60 %) et l'αα-diphényl α-(*p*-tolyl) acétonitrile (P. F. 111°; R[1] 62 %). L'α-phényl α-(*p*-tolyl) acétonitrile α-bromé brut condensé avec le *p*-xylène fournit l'α-phényl α-(*p*-tolyl) α-(2,5 diméthylphényl) acétonitrile (P. F. 148°; R[1] 45 %) et finalement l'α-phényl α-(2,5 diméthylphényl) acétonitrile α bromé condensé avec l'anisol me permit de préparer l'α-phényl α-(2,5 diméthylphényl) α-(*p*-anisyl) acétonitrile (P. F. 164°; R[1] 45 %).

A l'exception du triphénylacétonitrile, tous les triarylacétonitriles étaient inconnus jusqu'à ce jour, faute de méthode de préparation.

En résumé, les nitriles bromés Ar-CHBr-CN et $(Ar)^2$ CBr.CN se condensent aisément avec les carbures aromatiques et leurs dérivés, en présence de Cl^3Al, et fournissent avec d'excellents rendements des di- et triarylacétonitriles symétriques ou mixtes.

Les diarylacétonitriles ainsi obtenus peuvent servir comme matières premières à la préparation des amides et acides diarylacétiques. Ainsi, par saponification avec de la potasse alcoolique conc., j'ai obtenu, avec un rendement à peu près intégral, les acides : diphénylacétique (P. F. 159°), α-(*p*-tolyl) phénylacétique (P. F. 116°), α-(*p*-anisyl) phénylacétique (P. F. 103°), α-(2,5 diméthylphényl) phénylacétique P. F. 125°, α-(1 naphtyl) phénylacétique (P. F. 144°), diparatolylacétique (P. F. 142°), α-(*p*-tolyl) 2,5-diméthylphénylacétique (P. F. 132°) et l'α-(2 naphtyl) 2,5 diméthylphénylacétique (P. F. 167°).

C'est donc une excellente méthode de préparation des acides diarylacétiques.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Préparation d'un nouvel éthylnaphtol.* Note de M. **Georges Lévy**, présentée par M. Béhal.

Continuant une série de recherches sur les naphtols dérivés des éthylnaphtalines (¹), j'ai obtenu un nouveau naphtol de l'α-éthylnaphtalène. La

(¹) *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 1749 et 1952.

réaction utilisée est la suivante :

$$\text{(I)}\ \text{tétralone : } C_6H_4\text{–CO–}CH^2\text{–}CH^2\text{–}CH(C^2H^5) \rightarrow \text{(II)}\ \text{naphtol : } C_{10}H_6(OH)(C^2H^5)$$

(I). (II).

On la réalise en déshydrogénant la cétone (I) par le sélénium suivant la méthode indiquée par M. G. Darzens et moi ([1]).

La tétralone (I) a été préparée par cyclisation du chlorure de l'acide γ-éthyl-γ-phénylbutyrique suivant le schéma

$$C_6H_5\text{–}\overset{\gamma}{CH}(C^2H^5)\text{–}\overset{\beta}{CH^2}\text{–}\overset{\alpha}{CH^2}\text{–CO–Cl} \rightarrow C_6H_4\text{–CO–}CH^2\text{–}CH^2\text{–}CH(C^2H^5) + HCl$$

Cet acide a été lui-même obtenu de la manière suivante :

On a préparé l'alcool $C^6H^5\text{—CHOH—}C^2H^5$ par action du bromure d'éthylmagnésium sur l'aldéhyde benzoïque. Il se bromure très facilement par un courant de BrH gazeux. Le bromure bout à 105° sous 17^{mm}.

On condense ce bromure sur l'éther malonique sodé de manière à obtenir l'éther $C^6H^5\text{—}CH(C^2H^5)\text{—}CH\text{=}(CO^2C^2H^5)^2$ bouillant à 154-156° sous 2^{mm}.

L'acide malonique correspondant fond à 70-70°,5 après cristallisation dans l'acide acétique et se décarboxyle dès 120° en donnant l'acide β-éthylhydrocinnamique $C^6H^5\text{—}CH(C^2H^5)\text{—}CH^2\text{—}CO^2H$ qui bout à 167-168° sous 18^{mm}.

L'éther amylique de cet acide bout à 155-157° sous 20^{mm}. Il est réduit par le sodium et l'alcool amylique bouillant avec formation d'alcool γ-phénylamylique

$$C^2H^5\text{—}CH(C^6H^5)\text{—}CH^2\text{—}CH^2OH,$$

liquide huileux d'odeur rosée bouillant à 135-138° sous 20^{mm}. Cet alcool est transformé en bromure par passage d'un courant de BrH gazeux en grand excès à la tem-

---

([1]) *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 181.

pérature de 130°. Le bromure bout à 130-131° sous 19mm. On le traite pendant 6 heures à l'ascendant par du cyanure de sodium dans l'alcool aqueux pour préparer le nitrile (P. É. sous 19mm : 148-150°).

Chauffé à 140° pendant 5 heures en tube scellé, avec trois fois la quantité théorique d'acide chlorhydrique concentré, ce nitrile a donné l'acide cherché.

L'acide γ-éthyl-γ-phénylbutyrique est un liquide huileux qui bout à 185° sous 22mm; on peut le caractériser par son amide fondant à 104,5-105°,5.

Le chlorure d'acide, préparé par le chlorure de thionyle, bout à 138° sous 18mm.

On le cyclise suivant la méthode déjà utilisée ([1]). Toutefois le départ de CIH n'a lieu qu'à 60°; il se forme beaucoup de queues et le rendement n'atteint que 60 pour 100.

La tétralone (I) bout à 148-150° sous 18mm, sa semicarbazone, cristallisée dans l'alcool méthylique, fond à 183° (corrigé).

La déshydrogénation par le sélénium est plus difficile que dans les synthèses précédemment réalisées ([1]), il semble qu'à la température de 320° du bain, il y ait condensation d'une partie du naphtol formé avec élimination d'eau.

Après cristallisation dans l'alcool, l'éthylnaphtol (II) se présente en aiguilles blanches fondant à 42°.

Son picrate rouge brique fond à 152°,5 (corrigé).

C'est le premier naphtol connu dérivé de l'α-éthylnaphtalène.

MINÉRALOGIE. — *L'analyse thermique différentielle des argiles à montmorillonite (bentonites).* Note de M. **J. Orcel** et Mlle **S. Caillère**.

De nombreux travaux sur les argiles du groupe de la montmorillonite effectués au cours de ces dernières années, principalement en Amérique ([2]), ont montré que, sous la multiplicité des noms donnés à ces roches (bentonite, otaylite, amargosite, beidellite, smectite, etc.) se cachait une grande analogie de caractères physiques et chimiques. Mais une des difficultés rencontrée dans leur étude est la détermination de leurs constituants cristallisés. L'examen microscopique ne conduit pas toujours à des résultats

([1]) G. Lévy, *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 1749 et 1952.

([2]) Clarence S. Ross et Earl V. Shannon, *Journ. Amer. Ceram. Soc.*, 9, 1926, p. 77-96; *Journ. Wash. Acad. of. Sc.*, 15, 1925, p. 467-468; C. W. Davis et H. C. Vacher, *U. S. Bureau of Mines, Technical Paper*, 438, 1928, p. 1-51; Paul F. Kerr, *The Amer. Miner.*, **17**, 1932, p. 192-198.

certains, car ces constituants se présentent le plus souvent sous forme d'agrégats cryptocristallins.

Les spectres de diffraction de rayons X obtenus par la méthode des poudres ont permis des identifications importantes, mais ce procédé est impuissant à déceler de faibles quantités d'un minéral argileux étranger.

La plupart des auteurs qui ont étudié récemment ces argiles ne se sont pas occupés de leurs propriétés thermiques. Cependant, M. H. Le Chatelier avait déjà montré (1) que la montmorillonite progressivement chauffée était le siège de phénomènes endothermiques (vers 150°, 770° et 950°) dus au départ de l'eau. Nous avons repris ces recherches en utilisant la méthode différentielle établie par lui et mise en œuvre à l'aide de son galvanomètre double. Ce procédé plus sensible, que nous avions antérieurement appliqué à d'autres silicates hydratés (2), nous a conduits aux résultats suivants :

Les *bentonites* de Waldo (New Mexico), de San Diego Cy (*otaylite*) et Armagosa River (Inyo County, Californie) (*amargosite*), résultant de l'altération de cendres volcaniques, fournissent la même courbe (V, Amargosa) caractérisée par trois crochets endothermiques : le plus important, à 110°, correspond au départ de l'eau hygroscopique (15-20 pour 100); les deux autres, dus au départ de l'eau de constitution (5-8 pour 100) ont lieu vers 720° et vers 820°.

Les courbes obtenues avec les *montmorillonites* [celles de Landevan (Morbihan) (3) et de Branchville (Connecticut) (courbe IV) par exemple] sont bien caractérisées par les mêmes inflexions endothermiques que les précédentes, mais pour plusieurs échantillons [Thiviers (Dordogne), Bordes-en-la-Trémouille (Vienne) (4) (courbe VI) par exemple] apparaît une quatrième inflexion vers 520° et même parfois une légère inflexion exothermique vers 950°; ces deux inflexions sont caractéristiques de la dissociation thermique de la kaolinite. De plus, en opérant avec les mêmes poids de substance, on constate que l'allongement du crochet endothermique de 520° varie avec les divers échantillons d'un même gisement.

D'autre part, en opérant dans les mêmes conditions, on peut comparer

---

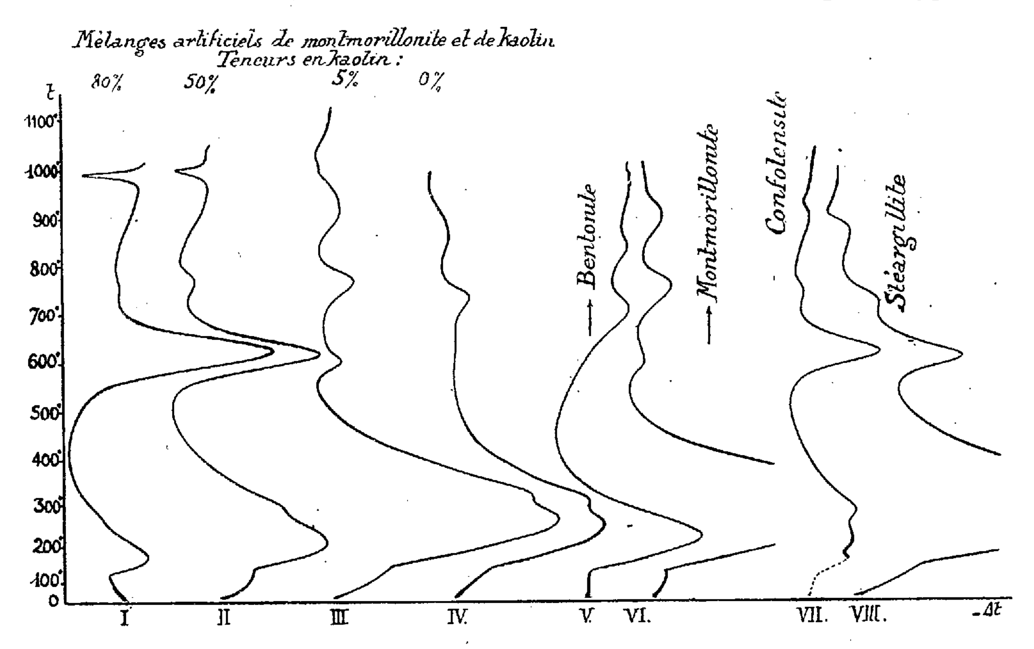
(1) *Bull. Soc. franç. Minér.*, **10**, 1887, p. 204-211.

(2) J. Orcel, *Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 565; S. Caillère, *ibid.*, **196**, 1933, p. 628.

(3) A. Lacroix, *Min. de la France*, **1**, 1893, p. 484.

(4) A. Lacroix, *loc. cit.*, **4**, 1910, p. 749; **5**, 1913, p. 37.

les courbes fournies par les argiles naturelles à celles produites par une série de mélanges artificiels de montmorillonite et de kaolinite (courbes I à III) et évaluer ainsi à peu près la proportion de kaolinite qu'elles renferment [1]. La méthode permet de déceler ainsi 3 pour 100 environ de kaolinite dans une argile à montmorillonite, teneur qui passe inaperçue si l'on emploie les autres méthodes. La sensibilité de l'analyse thermique est moindre pour la montmorillonite, dont le deuxième crochet endothermique n'apparaît



plus pour une teneur de ce minéral inférieure à 20 pour 100 (courbe I).

Nous avons constaté ainsi que la *stéargillite* de Fontenay près Poitiers (courbe VIII), la *confolensite* de Confolens [2] (courbe VII), la *beidellite* de Beidell (Saguache Cy, Colorado) [3] sont des mélanges de montmorillonite et de kaolinite ; dans les échantillons examinés ce dernier minéral entrait dans la proportion de 30 pour 100 environ. Quant à la montmorillonite de Bordes, elle peut en renfermer jusqu'à 40 pour 100.

---

[1] Les courbes obtenues avec les mélanges renfermant 2, 5, 10, 50 et 80 pour 100 de kaolinite fournissent de bons éléments de comparaison. Nous avons utilisé pour établir ces courbes la kaolinite du Dj. Debar (Constantine) et la montmorillonite de Branchville (courbe IV).

[2] A. LACROIX, *loc. cit.*, 1, p. 481.

[3] E. S. LARSEN et E. T. WHERRY, *Journ. Wash. Acad. Sc.*, 15, 1925, p. 465-466.

Au point de vue géologique, ces observations montrent que la kaolinite et la montmorillonite ont pu se former dans les mêmes conditions physicochimiques, et qu'il est impossible, dans un assez grand nombre de cas, de faire une distinction nette entre les argiles à kaolinite et les argiles à montmorillonite.

ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE. — *Sur une réaction physicochimique se modifiant d'après la connexion électrique avec le sol.* Note [1] de M. **F. Vlès** et Mlle **M. Gex**, transmise par M. d'Arsonval.

Dans des recherches antérieures [2] on a vu que certains phénomènes physicochimiques, de même que les organismes, sont susceptibles d'évoluer de façon dissemblable suivant qu'ils sont en connexion électrique avec le sol, ou isolés par rapport à celui-ci : ainsi des évaporations d'eau à l'atmosphère se sont faites avec des écarts de l'ordre de 4 pour 100 en poids; ces phénomènes ont paru sous la dépendance d'une déperdition électrique vis-à-vis de l'atmosphère.

D'autres phénomènes physicochimiques nous ont montré un aspect particulier de ces actions. On sait que les lames de certains métaux mises en contact avec de l'Ag colloïdal provoquent une floculation lente de celui-ci (Philippson) [3]. Reprenant l'étude de cette réaction, nous avons constaté qu'elle peut évoluer de façon inégale quand la lame de métal est connectée ou non avec le sol.

Étude de la réaction. — On prépare de l'Ag colloïdal par la méthode de Bredig. Les suspensions correspondent en général à un pH de 6,5 et à une résistance ohmique de l'ordre de 0,5 mégohm. Les diverses préparations sont ramenées par dilution jusqu'à une absorption donnée, mesurée au spectrophotomètre. Dans des vases pyrex largement ouverts à l'atmosphère et en présence de lames métalliques (Zn, Al, Cu, Fe, Pt), le colloïde évolue : sa teinte jaune initiale brunit, passe par un brun rosé, se violace, et finalement se décolore progressivement jusqu'à fournir un résidu pulvérulent gris qui est la floculation définitive. Ce virage coloré permet de suivre la marche de la réaction. Celle-ci se présente comme une fonction

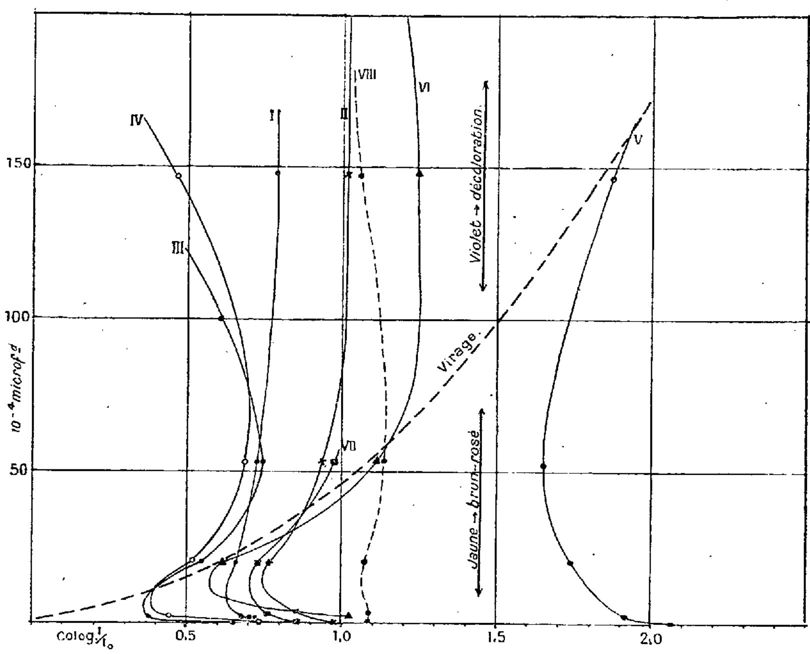
---

(1) Séance du 25 septembre 1933.

(2) F. Vlès, *Arch. Phys. biol.*, 8, III-IV, 1930, p. 182-281.

(3) Philippson, *Koll. Z.*, 11, II, 1912, p. 49-51.

du pH : elle augmente considérablement de vitesse au-dessous de pH = 6, pour devenir immédiate vers pH = 1. D'ailleurs le colloïde seul, sans lame métallique, évolue dans le même sens, et ce qu'on observe par rapport au témoin n'est qu'une décroissance de la différence des vitesses quand le pH baisse. Dans les pH supérieurs à 6,5 la réaction change de caractère, et sans montrer l'évolution colorée ci-dessus, aboutit tardivement à des flocons bruns très différents du précipité gris de la première zone. Il est probable que les deux types de réaction sont séparés par un des points isopotentiels de l'Ag (pH = 6-7, Tremblay).



Absorption de l'Ag colloïdal (λ 490 mμ) dans la réaction de Philippson au sol, en fonction de la capacité du système. Chaque courbe est relative à une concentration différente. — I-VII, électrodes de Zn; VIII, électrode de Fe.

Expériences de mise au sol. — Si l'on installe sur des supports électriquement isolés du sol des paires de lots d'Ag colloïdal (amenés à pH 3, 5 par CH^3COOH) dont les uns ont leur électrode métallique reliée à une prise de terre et les autres sont sans relation avec celle-ci, on observe dans la très grande majorité des cas (80 pour 100) que *le virage des lots isolés précède celui des lots au sol.* L'expérience demande des précautions particulières (éviter le grattage des électrodes au papier émeri; les contacts de connexion doivent être des soudures ou des bains de Hg, etc.).

Tout se passe donc comme si la mise au sol était susceptible de freiner la réaction de Philippson et si dans ces conditions une force contre-électromotrice venait s'opposer à la libération normale des cations par l'électrode métallique. Comme dans les cas précédents, on peut supposer l'intervention d'échanges atmosphériques par la surface du liquide; effectivement, si l'on bouche les récipients avec électrode isolée, la réaction y va encore plus vite que dans les récipients ouverts.

Conditions physiques de la réaction. — Ayant étudié diverses conditions de la réaction (lumière, cage de Faraday, forces électromotrices, etc.), nous ne nous arrêterons ici que sur l'une d'elles, la capacité électrostatique du système par rapport au sol. Si l'on introduit des condensateurs sur les prises de terre et qu'on réalise ainsi des échelles de lots, dont les capacités par rapport au sol vont de 10^{-6} à 10^{-1} microfd, on s'aperçoit que *la vitesse de la réaction varie avec la capacité*. La simple observation qualitative du virage montre déjà, dans quelques cas particulièrement nets, des décalages régulièrement progressifs (qui peuvent atteindre plusieurs heures) entre les réactions avec grandes et celles avec petites capacités (les premières plus rapides). Des données plus précises sont apportées par la mesure spectrophotométrique du colloïde en évolution (mesures sur une bande large correspondant à la forme brun rose) : on enregistre en fonction de la capacité une variation caractéristique de l'absorption (voir la figure) suivant deux branches de courbes, dont l'une a un minimum pour les petites capacités, et l'autre un maximum pour les capacités moyennes; le raccord des deux branches correspond grossièrement au passage des stades brun rose à violet. Ce virage se déplace vers les grandes capacités quand la concentration du colloïde croît.

L'intervention de la capacité d'un système sur la marche de ses réactions n'est pas absolument inattendue, puisque cette variable commande la déperdition. Mais ce fait incite à rechercher le rôle de variations possibles de capacité dans des expériences de diverses natures où des masses conductrices ont pu (quelquefois hors de la volonté de l'opérateur) être disposées dans le voisinage immédiat du phénomène observé. Nous avons déjà insisté sur ce point à propos d'expériences biologiques.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Enregistrement photoélectrique continu des aurores polaires.* Note de M. **A. Dauvillier**, présentée par M. M. de Broglie.

Le manque de mesures quantitatives dans l'observation des aurores polaires fait que les progrès réalisés dans l'étude de ce phénomène demeurent fort lents et que sa comparaison précise avec les autres phénomènes cosmiques et géophysiques est difficile et incertaine. J'ai réussi, au cours de l'Année polaire, à enregistrer des aurores visibles et non visibles au Scoresby Sund.

L'appareil comporte une optique formée d'un double système de lentilles à échelons, chacun de 30^{cm} d'ouverture et de 12^{cm} de distance focale. Une cellule géante à vide, au potassium, reçoit l'image du ciel à travers un diaphragme rotatif destiné à interrompre la lumière et à permettre l'emploi d'un amplificateur à résistances à liaisons par capacités.

Celui-ci comporte trois étages dont deux à lampes écran à chauffage indirect. Une quatrième — dont le circuit plaque comprend un microampèremètre enregistreur à plume à courant continu ($10^3\,\mu A$) — est polarisée de telle sorte que le courant de plaque soit nul dans l'obscurité. L'amplification est de 3.10^6 en intensité. Cette dernière lampe serait avantageusement remplacée par un transformateur et un contact rectifiant. Le choix de l'élément photoélectrique sensible est déterminé par la répartition de l'énergie dans le spectre auroral. Des comparaisons spectroscopiques et spectrographiques des raies, compte tenu des sensibilités spectrales de l'œil et de la plaque, montrent que la plus forte raie visible (5577 Å) possède une énergie du même ordre de grandeur que la plus forte raie photographique (3914). On pourrait donc utiliser aussi bien une cellule au cæsium adsorbé qu'une au potassium adsorbé. Cependant, la seconde, qui permettrait l'emploi d'un filtre laissant passer moins de lumière parasite solaire (lune, crépuscule) paraît préférable. Une extension de la méthode vers l'ultraviolet permettra peut-être l'enregistrement des aurores pendant le jour.

La sensibilité étant réglée de telle sorte que les plus fortes aurores fassent dévier l'index de toute l'échelle (7^{cm}), l'appareil a d'abord permis l'enregistrement d'aurores non visibles pendant la pleine lune, à l'aube et au crépuscule, lorsque la raie verte est noyée, au spectroscope, dans le spectre continu solaire. De même, par temps couvert ou brumeux, alors

que l'observateur ne peut avoir l'œil rivé en permanence au spectroscope, l'appareil accuse l'aurore comme une indentation sur une courbe continue. Il peut même avertir l'observateur par le moyen d'un haut parleur. Par temps nuageux seulement et par pleine lune, il ne peut être utilisé actuellement, c'est-à-dire sans filtres.

La statistique aurorale est ainsi complétée d'une manière fort notable.

Au point de vue de l'intensité des phénomènes auroraux, l'enregistreur a montré que l'éclairement pouvait varier de 1 à 10^4 en période de minimum d'activité solaire. Il n'y a aucun phénomène géophysique connexe susceptible de varier dans une telle proportion. La comparaison avec l'observation montre que la notation internationale (de 0 à 4) représente sensiblement le logarithme de l'intensité.

L'appareil accuse nettement la variation diurne et permet une comparaison précise des courbes aurorales et magnétiques. Il montre, dans le cas des orages auroraux, la très grande vitesse d'évolution du phénomène. Il est donc dorénavant possible de mesurer quantitativement un phénomène jusqu'ici seulement apprécié visuellement d'une manière imprécise et incomplète. L'auteur espère, grâce à l'expérience acquise au cours de ce travail, parvenir de même à enregistrer les variations de l'aurore permanente observable sur toute la terre et dont l'importance théorique semble plus grande encore.

MÉTÉOROLOGIE. — *Influence des fumées de Paris sur la transparence de l'air à la périphérie et dans les environs de la ville.* Note de M. **Louis Besson**, présentée par M. Ch. Maurain.

Les stations urbaines et suburbaines qui communiquent leurs observations au Service météorologique de la Ville de Paris notent chaque jour à 9^h la visibilité, c'est-à-dire la distance à laquelle les objets cessent d'être nettement visibles par suite du trouble de l'air. Dans la plupart d'entre elles, la vue est très limitée et seules les faibles visibilités peuvent être chiffrées, mais ces dernières sont aussi les seules qui soient intéressantes pour une étude des différences de visibilité entre des points peu éloignés les uns des autres.

L'objet de la présente Note est d'examiner comment varie la visibilité en un point de la périphérie de la ville ou en un point de la banlieue, suivant la direction du vent régnant. *A priori* on pouvait prévoir que la visibilité

est minimum lorsque le vent vient du centre de l'agglomération urbaine, à cause des fumées, mais il a paru utile de vérifier l'existence de cette variation et de chercher à en mesurer l'amplitude.

Les observations utilisées sont celles faites à 9^h de novembre à février dans les cinq années 1928 à 1932. Seuls ont été retenus les jours où la visibilité était inférieure à 1500^m dans l'une au moins des trois stations urbaines : Montsouris, Tour Saint-Jacques et Montmartre. Voici quelle est, par rapport au centre de Paris, la situation des stations considérées : Montsouris, 4^{km} au SSW; Montmartre, 3^{km} au NNW; Asnières, 7^{km} au NNW; Aubervilliers, 6^{km} au NNE; Petit Pantin, 6^{km} au NE; Bagneux, 6^{km} au SSW; Boulogne, 7^{km} à l'W; Bagatelle, 7^{km} à l'WNW; Colombes, 11^{km} au NW; le Bourget, 11^{km} au NNE; la Belle-Épine, 12^{km} au S; Petit Clamart (ci-devant Petit Bicêtre), 13^{km} au SW; Saint-Cloud, 10^{km} à l'W. Les observations ont été classées suivant la direction du vent à la même heure à l'observatoire de la Tour Saint-Jacques, situé à peu près au centre de Paris. Pour chaque station et chaque direction du vent, le tableau ci-après indique en *décamètres* la visibilité *médiane*, c'est-à-dire la valeur telle que les visibilités inférieures et supérieures sont en nombre égal.

	Direction du vent.							
Stations.	NNW et N.	NNE et NE.	ENE et E.	ESE et SE.	SSE et S.	SSW et SW.	WSW et W.	WNW et NW.
Montsouris	80	80	90	100	110	120	100	100
Montmartre	110	120	60	55	55	120	120	110
Asnières	80	70	50	40	40	50	60	50
Aubervilliers	100	100	90	60	70	80	70	70
Petit Pantin	100	90	80	80	80	80	80	70
Bagneux	90	100	100	120	>120	>120	>120	100
Boulogne	100	140	80	80	100	200	250	180
Bagatelle	100	150	60	100	100	200	300	150
Colombes	125	140	100	55	80	100	120	120
Le Bourget	200	300	450	180	90	80	110	120
La Belle-Épine	100	150	150	165	150	200	250	150
Petit Clamart	150	100	150	150	100	150	150	250
Saint Cloud	80	80	40	50	120	120	>200	150
Nombre d'observations.	15	73	32	66	64	24	18	40

L'influence de la ville est partout bien marquée. Les petites irrégularités s'expliquent aisément si l'on remarque que le centre de production des fumées ne coïncide pas avec le centre géométrique de la ville proprement dite et que, pour chaque station, il doit y avoir des causes perturbatrices

locales. En outre, la visibilité moyenne varierait certainement avec la direction du vent même si l'influence de la ville était nulle.

Pour avoir une mesure de cette influence, on peut considérer deux stations situées à peu près à l'opposé l'une de l'autre et faire pour chaque direction du vent la différence des visibilités médianes, après avoir réduit celles-ci de manière que leur moyenne générale soit identique pour les deux stations. Le calcul fait pour quatre couples de stations donne les chiffres suivants :

	NNW et N.	NNE et NE.	ENE et E.	ESE et SE.	SSE et S.	SSW et SW.	WSW et W.	WNW et NW.
Montsouris-Montmartre....	−34	−44	+27	+42	+52	−5	−24	−14
Boulogne-Petit Pantin.....	−57	−11	−45	−45	−29	+50	+89	+48
Belle Épine-Colombes.....	−78	−57	−5	+65	+20	+35	+51	−31
Le Bourget-Petit Clamart..	+8	+154	+231	−10	−34	−99	−73	−177

La différence de visibilité atteint des valeurs particulièrement fortes entre le Bourget et le Petit Clamart, sans doute parce qu'entre ces deux stations, distantes de 23^{km}, s'étendent des territoires très peuplés et très industriels.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Croissance des Mousses dans une atmosphère qu'elles ont constituée.* Note de M. **Paul Becquerel**, présentée par M. Louis Mangin.

D'après les belles recherches de Maquenne, on sait que certaines feuilles d'arbre placées dans le vide, sous la tension de la vapeur d'eau résistent à l'asphyxie de quelques mois à 1 an selon les espèces, lorsqu'elles restent exposées à la lumière diffuse ([1]). Je me suis demandé si les Mousses, dans les mêmes conditions, auraient la même faculté de résistance.

Les espèces qui servirent à ces recherches furent : *Hypnum purum*, *Hypnum trichetrum*, *Polytrichum juniperinum*, *Atrichum undulatum*, *Sphagnum cuspidatum*. Chaque espèce représentée par quelques tiges, mesurées, pesées et lavées à l'eau bouillie fut introduite dans un tube stérilisé d'une contenance de 25^{cm^3} renfermant 2^{cm^3} d'un liquide nutritif minéralisé, stérilisé, dont je me suis déjà servi dans mes recherches sur la nutrition des Mousses ([2]).

([1]) L. Maquenne, *Bull. Soc. Chim. biol.*, 4, 1922, p. 571-576.

([2]) P. Becquerel, *Comptes rendus*, 139, 1904, p. 745.

Puis le vide fut réalisé dans ces cinq tubes avec une pompe rotative de Gaiffe jusqu'à ce qu'il n'y ait plus eu de dégagement de gaz de la part du liquide et des organismes, ce dont nous avons pu nous assurer avec le manomètre nous indiquant que le vide restant constant n'était plus limité que par la tension de la vapeur d'eau. A ce moment chaque tube a été scellé à la flamme. Les tubes ainsi préparés séjournèrent à l'abri du Soleil devant la lumière diffuse d'une fenêtre pendant six mois du 20 novembre au 25 mai. A partir de mars des changements se produisirent dans la végétation. Les Mousses commencèrent à croître. A la fin des expériences, au 15 juin, les *Sphagnum* avaient formé des feuilles nouvelles, les *Polytrichum* avaient allongé les pédicelles de leurs porogone de 1cm, les *Hypnum trichetrum* produisirent de nouveaux bourgeons, les *Hypnum purum* développèrent leurs tiges de 4cm et les *Atrichum undulatum* avaient engendré de nouvelles pousses de 2 à 3cm.

Dans ces tubes hermétiquement scellés, n'ayant eu aucune communication avec l'air, que s'était-il donc passé ? Les Mousses auraient-elles formé progressivement une atmosphère respirable avec une pression suffisante pour le rétablissement de toutes leurs fonctions physiologiques.

Pour le savoir, le 25 mai les tubes de culture furent ouverts sous le mercure ; puis les gaz recueillis furent mesurés et analysés.

Le tableau ci-dessous donne les résultats :

Espèce dans un tube ayant un volume de 25cm³.	Poids.	O^2.	Az^2.	CO^2.
	g	cm³	cm³	
Polytrichum juniperinum (5 tiges de 8cm).	0,25	0,360	0,640	0
Hypnum trichetrum (4 tiges de 6cm).....	0,27	0,050	0,450	0
Hypnum purum (3 tiges de 5cm).........	0,22	4,620	17,380	0
Atrichum undulatum (8 tiges de 4cm).....	0,20	4,250	18,750	0
Sphagnum cuspidatum (3 tiges de 5cm)...	0,24	4,500	14	0

Les analyses ayant été effectuées vers 15 heures, l'acide carbonique décomposé par la photosynthèse avait disparu. Le liquide des cultures n'avait pas été troublé par une fermentation bactérienne.

Ces résultats démontrent que les Mousses ont une plus grande faculté de résistance à l'asphyxie que les feuilles. Après avoir été privées d'air, elles vivent facilement en anaérobiose dans la vapeur d'eau jusqu'à ce qu'elles se constituent, avec l'aide de l'assimilation chlorophyllienne, une atmosphère respirable.

Mais la formation de cette atmosphère s'est faite d'une façon bien différente que dans les expériences de Maquenne.

Parce que ces Mousses ont eu à leur disposition quelques centimètres cubes d'un milieu nutritif minéralisé, elles ont engendré non seulement de l'oxygène, mais encore de l'azote. Les Mousses qui ont eu la plus lente croissance furent celles qui se développèrent dans la plus pauvre atmosphère à la plus basse pression. Les autres avaient réussi à produire un mélange gazeux ayant une pression et une composition voisines de celles de l'atmosphère. A partir de ce moment, elles ont vécu dans une atmosphère confinée analogue à celle où nous avions conservé vivants en culture pure pendant dix ans des protonemas d'*Hypnum velutinum* et d'*Atrichum undulatum* dans des tubes stérilisés fermés avec une épaisse couche de cire.

Quant au mécanisme de la production de cette atmosphère confinée, des expériences en cultures pures rigoureusement aseptiques, que nous avons entreprises avec des dispositifs spéciaux, l'élucideront.

HISTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Origine et rôle des plissements superficiels sur l'épiderme des pétales floraux*. Note [1] de M. **P. Martens**, présentée par M. P.-A. Dangeard.

Les striations et autres « ornements » superficiels que présentent beaucoup de cuticules ont été observés depuis longtemps, mais la documentation, surtout iconographique, que nous possédons à leur sujet est maigre et fort peu objective. Le dépouillement cuticulaire spontané, subi, au cours de la fanaison, par l'épiderme inférieur des pétales de *Tradescantia virginica*, et que j'ai analysé dans un travail récent, m'a permis d'obtenir des préparations exceptionnellement favorables de cuticules isolées, pourvues d'un relief extrêmement fin et répondant précisément au type général des cuticules plissées. Une étude histologique détaillée a donc été faite de ce relief. Elle a montré notamment que la cuticule est d'épaisseur constante, mais recouvre une paroi cellulosique elle-même plane. Le relief provient de ce que les versants des plis formés *adhèrent l'un à l'autre par leur face interne*. Ainsi se concilient les deux opinions prétendûment opposées, défendues sur ce point par les auteurs.

L'*origine* du relief définitif est une question plus délicate et il existe trois tentatives d'explication, toutes différentes et qui s'excluent l'une l'autre. La cause efficiente du plissement est, pour Schwendener et

(1) Séance du 2 octobre 1933.

Volkens (1882-1884), une perte de turgescence des cellules épidermiques, pour Strasburger (1882), une augmentation de volume membranaire indépendante de la turgescence, et, pour Tschirch et Kurer (1916-1917), une tension des tissus dans un sens déterminé, s'ajoutant aux effets de la turgescence. Un examen critique de ces trois conceptions ayant démontré leur inexactitude ou leur insuffisance manifestes, j'ai tenté de résoudre le problème par la seule voie directe qui s'offre à nous et qu'aucun auteur n'a suivie. Elle consiste à remonter toutes les étapes de la différenciation du relief cuticulaire, en utilisant des boutons floraux de plus en plus jeunes. Appliquée aux pétales de *Tradescantia*, cette étude histogénétique a montré qu'à la surface cuticulaire lisse du stade primordial, succèdent de faibles plissements parallèles, orientés principalement suivant le grand axe de la cellule. Les plis se multiplient ensuite jusqu'à couvrir chaque paroi externe d'un réseau extrêmement serré et dépourvu de toute orientation. Bientôt le réseau offre des mailles de plus en plus allongées et écartées, et, à l'état adulte, il ne reste plus, de nouveau, que des plis parallèles encore, onduleux.

L'enchaînement de ces aspects autorise une seule interprétation. Le plissement résulte de la production momentanément excessive de substance cuticulaire et les aspects qui se succèdent sur l'épiderme indiquent simplement un déséquilibre passager entre deux activités que l'on doit considérer séparément : l'accroissement *en surface* de la paroi cellulosique externe d'une part, et celui de la cuticule d'autre part. Dès qu'elle est produite en excès, la substance cuticulaire tend, à tout moment, à réaliser des plis dans tous les sens. L'orientation du relief *primitif* (aux dépens d'une cuticule lisse) provient de ce que l'allongement de la cellule a constamment annulé toute tentative de plissement dans un sens approximativement transversal; celui du relief *définitif* (aux dépens d'une cuticule plissée dans tous les sens) provient de ce que le même allongement a effacé ou orienté peu à peu tous les plis qui n'étaient pas longitudinaux.

Cette interprétation permet d'attribuer aux plissements cuticulaires, de préférence aux significations écologiques suggérées par Vesque (1882), Haberlandt (1918) ou Schœnichen (1922), un rôle essentiellement physiologique. Les plis constituent, en somme, une *réserve de surface*, prête à être utilisée, en tout ou en partie en cas de variation brusque ou rapide de la turgescence cellulaire.

Il résulte également de ces recherches que la cuticule ne manifeste, aux stades les plus précoces, qu'une adhérence à peu près nulle vis-à-vis des parois qu'elle recouvre, et que cette adhérence s'accentue au cours de la

différenciation épidermique. Ces données sont inconciliables avec l'idée d'une transformation, *in situ*, des couches membranaires externes en cutine. La cuticule résulte, au contraire, d'une sécrétion de substance *en dehors* des parois cellulosiques, substance semi-liquide au moment de sa formation et ne se « prenant » que plus tard en une pellicule ferme, susceptible alors de se plisser.

BACTÉRIOLOGIE DU SOL. — *De l'influence de la microflore du sol sur la végétation du blé*. Note de MM. **Georges Truffaut** et **M. Lefouin**, présentée par M. Mangin.

La méthode de culture sur plaques de Petri, employée pour compter le nombre de bactéries du sol, donne des chiffres variant de 6 à 40 millions d'organismes par gramme. Celle d'observation directe de Van de Valde et de Verbelen [1] révèle des populations variant de 1 à 2 milliards et demi par gramme.

Thornton et Gray [2], ajoutant à une dilution connue de sol une suspension comptée de particules d'indigo, déterminent le rapport : bactéries-grains d'indigo, sur des pellicules gélosées, colorées à l'érythosine. Cette méthode directe, qui donne des nombres bactériens atteignant 5 milliards par gramme, a fait l'objet de notre part de contrôle rigoureux. Elle est délicate dans sa mise au point, mais elle donne des résultats rapides et plus constants que les méthodes précédentes. C'est celle que nous avons utilisée ici.

En 1924 [3], nous avons constaté que des maïs peuvent se développer normalement en n'utilisant d'autre nourriture azotée que celle fournie par l'activité des bactéries fixatrices d'azote, vivant aux dépens de leurs excrétions radiculaires.

Nos conclusions de 1926 [3] ont établi l'influence de la plante supérieure sur certains développements bactériens dans le sol. En 1930, nous avons observé qu'il y a constance dans la microflore de la rhizosphère du blé [5].

---

(1) *Comptes rendus*, 190, 1930, p. 977.
(2) *Nature*, London, 122, 1928, p. 400.
(3) G. Truffaut et Besszonoff, *C. R. Société Biologie*, 91, 1924, p. 1077.
(4) *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 1065.
(5) Truffaut et Vladykov, *Comptes rendus*, 190, 1930, p. 824.

En 1933, nous avons étudié sur des blés « bon fermier » cultivés en pots, dans des terres de jardins très fertiles du Chesnay (Seine-et-Oise) pH = 6,7 et dosant :

Azote..... 1,96 | Acide phosphorique total... 3,32 | Potasse totale... 2,10

et maintenues à 20 pour 100 d'humidité, l'influence de cette plante supérieure sur la microflore du sol.

Dans une première expérience, la terre contenait au début (8 février) : 1 milliard 137 millions de bactéries par gramme. Le 7 juillet, jour de la récolte, cette terre ayant porté du blé sans addition de produits quelconques contenait 3 milliards 900 millions de bactéries par gramme.

Deuxième expérience. — Nombre de *bactéries par gramme* de terre.

	Terre		
Dates.	sans blé.	portant du blé.	
28 mars 1933...	2.150.000.000	2.150.000.000	Ensemencement du blé, 1er avril.
29 avril........	2.300.000.000	2.850.000.000	Deuxième feuille du blé.
7 mai.........	2.500.000.000	3.300.000.000	
7 juillet,......	2.750.000.000	3.690.000.000	Récolte, 8 juillet.
22 septembre...	1.750.000.080	1.890.000.000	Sur terre non encore déchaumée.

Les courbes thermométriques journalières intégrées et les comptages bactériens très fréquents montrent que ce n'est pas la température du sol qui a produit l'augmentation considérable des nombres bactériens constatée pendant cette expérience.

Ainsi, pendant la durée de la végétation, la micropopulation d'une terre portant une récolte de blé présente une augmentation de 30 pour 100 par rapport à celle de la même terre non emblavée.

Après la récolte, la micropopulation a diminuée de 49 pour 100.

Comptages directs dans les terres de grande culture portant du blé.

	16 juin 1933.	28 juillet 1933.	Diminution.
Coignières (Seine-et-Oise).			
Blé ayant reçu 200kg par hectare d'ammonitre.................	3.861.000.000	2.192.000.000	43 %
Blé sans engrais azoté...........	3.280.000.000	1.842.000.000	44 »
Orgerus (Seine-et-Oise).			
Blé sur luzerne.................	3.933.000.000	1.812.000.000	54 »
Blé rotation normale...........	3.514.000.000	1.950.000.000	45 »

Les nombres bactériens constatés, par gramme de terre, dans les conditions normales de végétation sont du même ordre que ceux trouvés dans les cultures de blés en pots. Ils montrent l'influence des fumures et des cultures antérieures et établissent que, deux mois après la récolte, la micropopulation dans ces sols diminue de 45 à 55 pour 100.

Les plantes supérieures telles que le blé, par le fait de leur végétation, augmentent considérablement la micropopulation du sol; dans les terres maintenues en jachère nue, la micropopulation est inférieure d'un tiers.

Nous savons qu'une partie de l'énergie solaire accumulée par la photosynthèse passe dans les excrétions radiculaires. Elle intensifie le pullulement bactérien. La lyse des cadavres de ces bactéries, collectrices de tous les éléments minéraux utiles aux plantes, nous paraît assurer ainsi une partie de l'alimentation des blés. Il en résulte que la flore bactérienne du sol non saprophyte joue un rôle considérable dans la nutrition des plantes supérieures.

HISTOIRE DES SCIENCES. — *Adanson mutationniste et évolutionniste.* Note [1] de M. **Auguste Chevalier**, présentée par M. J. Costantin.

Nous avons montré que le botaniste Michel Adanson dans l'introduction de ses Familles des Plantes publiée en 1763, c'est-à-dire bien avant les travaux de Lamarck, avait été conduit à admettre la non-fixité des espèces végétales et la possibilité de leur transmutation sous l'influence du milieu ou à la suite d'hybridations ou de variations brusques.

Les recherches que nous avons effectuées par la suite, tant dans ses autres publications que dans ses manuscrits, nous ont appris que plus tard Adanson avait changé d'opinion.

Ayant examiné de près la Mercuriale annuelle à feuilles capillacées observée par Marchant, en 1716, et réapparue sous les châssis du Jardin du Roi, en 1766, ainsi que le Fraisier monophylle obtenu par Duchesne, et ayant fait lui-même à partir de 1762 des expériences sur les Orges et sur les Blés, il fut amené à formuler en 1769 l'opinion que les prétendues espèces apparues n'étaient en réalité, tout comme les Pélories de Linaires observées par Linné et cultivées par Bernard de Jussieu, que des monstruosités incomplètement héréditaires ou même stériles.

---

[1] Séance du 18 septembre 1933.

Le Blé de Miracle à épi rameux que Vaillant cite comme espèce nouvelle est dans ce cas : « Des expériences très précises, écrit-il, m'ont appris qu'elle rentre souvent dans son espèce originaire et qu'au milieu de ses épis rameux, on en voit souvent un, sur cinquante, simple et bien régulièrement conformé. En le semant dans une terre trop maigre ou très sèche, il dégénère peu à peu et rentre dans l'espèce originaire dont il est sorti » (1).

Adanson observa aussi aux environs de Paris un Orge à deux rangs qui produisit en 1762 des épis à quatre rangs. « Ces graines ont donné pendant 6 ans quelques épis carrés et au bout de ce temps ont perdu tout à coup cette propriété pour rentrer dans leur état naturel. »

« Il suit donc de l'exposé ci-dessus, ajoute Adanson : 1° que tous les exemples cités jusqu'ici comme des changements d'espèces ou comme des formations de nouvelles races constantes, ne sont que des variétés ou des monstruosités; 2° que l'examen de ces sortes de changements exige la plus grande attention et même une sagacité, une justesse d'esprit et des connaissances assez profondes pour être appréciées à leur juste valeur et pour faire éviter les inconséquences sortant de tant d'opinions et d'erreurs, car un fait mal apprécié, mal jugé et le même fait mal vu conduisent également à des conséquences fausses » (*Histoire Bot.*, p. 83). Il conclut « que la transmutation des espèces n'a pas lieu dans les plantes non plus que dans les animaux ».

Il continue à admettre les changements produits par le terrain, le climat et aussi par « certaines circonstances inconnues », mais ces changements ne sont pas des espèces; ce sont, dit-il, des variétés ou des monstruosités, celles-ci dues à des causes accidentelles et passagères.

Les mutations observées (le mot est d'Adanson) sont de faible amplitude et ordinairement très imparfaitement héréditaires. « Les écarts même de la Nature, écrit-il, ne lui sont permis que dans certaines bornes, au delà desquelles tout rentre dans l'ordre établi. » Cette manière de voir est celle de bien des mutationnistes actuels. Les mutations qu'a signalées le premier Adanson expliquent mal l'origine des espèces.

Il est bon d'ajouter qu'Adanson eut aussi le premier la notion des petites espèces ou espèces jordaniennes. « On peut soupçonner, dit-il, que les sortes de Pommiers et de Poiriers, qu'on ne multiplie guère que par la greffe, sont de vraies espèces comme cela paraît indiqué, non seulement dans le fruit de ces arbres, mais encore dans leur bois, dans leurs feuilles, dans leurs fleurs et dans le temps de leur feuillaison, floraison

---

(1) *Hist. Acad. Sc.*, 1769, p. 76, et *Mém. Acad. Sc.*, 1769, p. 31-48.

et maturité, enfin dans toutes leurs parties ». Et pour conclure, Adanson reproche à Linné « de diminuer trop le nombre des espèces en les prenant pour des variétés ».

Adanson n'en reste pas moins convaincu qu'il existe un enchaînement des familles, des genres et des espèces dans le règne animal et dans le règne végétal. Parlant des hiatus séparant certains groupes les uns des autres, il écrit en 1763 :

« Il est certain que plusieurs de ces lignes de séparation qui sont les plus marquées ont pour cause, soit l'ignorance où nous sommes des êtres intermédiaires qui en font la liaison, soit la perte même de ces individus dans la succession des temps et par la révolution du globe. »

Ces idées émises et publiées il y a 170 ans montrent combien Adanson fut en avance sur les naturalistes de son temps. Cuvier, qui était loin d'avoir ses idées, fut cependant le premier grand naturaliste à décerner à Adanson le titre « d'homme d'un immense génie ».

Remarques critiques sur la Communication précédente, par M. J. Costantin.

Des mutations comme les Pélories des Linaires ou le Fraisier monophylle de Duchesne ne sont *ni de faible amplitude*, *ni très imparfaitement héréditaires :* de Vries a prouvé que les Pélories des Linaires (modification *d'ordre générique*) peuvent se transmettre *par graines* dans la proportion de 90 pour 100; le Fraisier monophylle est apparu tout à coup avant 1762 et a été constitué de suite complètement; il s'est conservé depuis cette époque, se reproduisant *par graines* dans la proportion de 100 pour 100. Cette dernière petite espèce jordanienne (jordanon) (¹) n'est ni une variation instable, ni une monstruosité, comme l'a cru Adanson.

La transmutation d'une espèce linnéenne (Fraisier ordinaire) *en une petite espèce jordanienne* (Fraisier monophylle) *est donc établie avec certitude et expérimentalement.* Lamarck a d'ailleurs parlé de Duchesne et de son expérience décisive.

(¹) M. Blaringhem a surabondamment prouvé que l'*Hordeum distichum* (Orge à deux rangs) est une petite espèce jordanienne.

ÉLECTROPHYSIOLOGIE. — *Interprétation des sensibilités thermique et douloureuse à l'aide des chronaxies sensitives cutanées normales et de leurs variations dans la syringomyélie.* Note de M. **Georges Bourguignon**, présentée par M. d'Arsonval.

I. J'ai montré [1] qu'on trouve trois chronaxies sensitives dans la peau de l'homme normal. Ces trois chronaxies correspondent à trois sensations, une sensation de choc, une sensation de fourmillement et une sensation de chaleur et sont entre elles comme les nombres 1, 5, 10. La plus petite que j'appelle chronaxie sensitive de base ou fondamentale de la région, est celle des *points de choc* et est égale à la chronaxie musculaire de la région : elle paraît appartenir au corpuscule de Pacini, qui semble bien être l'organe de la sensibilité tactile et est situé dans l'hypoderme; la moyenne (5 fois la chronaxie de choc) est celle des *points de fourmillement;* la sensation devient douloureuse quand on augmente l'intensité : cette chronaxie paraît être celle du corpuscule de Meissner, situé dans la papille du derme; la plus grande (10 fois la chronaxie de choc) est celle des *points de chaleur*, où la sensation devient une brûlure quand on augmente l'intensité : elle paraît être celle des terminaisons libres intra-épithéliales dans l'épiderme.

Par contre, dans les troncs nerveux, on ne retrouve que les deux premières chronaxies, celle de choc et celle de fourmillement. On peut donc supposer que les fibres qui aboutissent aux terminaisons libres ne passent pas par le nerf rachidien et appartiennent probablement au sympathique, comme beaucoup d'auteurs l'admettent.

Cependant, la section du nerf rachidien détermine l'anesthésie thermique, et, d'autre part, on ne trouve aucun point de la peau donnant une sensation de froid par l'excitation électrique.

Pour expliquer ces faits, on peut faire quelques hypothèses et interpréter les sensibilités thermique et douloureuse autrement qu'on ne l'a fait jusqu'ici.

1° Des trois sensibilités reconnues dans la peau, deux seulement, la sensibilité tactile et la sensibilité thermique sont nécessaires pour prendre connaissance des objets extérieurs. La sensation douloureuse est une sen-

---

(1) *Comptes rendus*, **189**, 1929, p. 305.

sation exceptionnelle, réveillée seulement par des excitations exceptionnelles et blessantes ou par les lésions pathologiques des nerfs, de leurs centres ou de leurs terminaisons. Il en est de même pour la sensation de fourmillement, qui n'est que le seuil de la sensation douloureuse.

2° Du fait que la section du nerf rachidien entraîne l'anesthésie thermique, bien qu'il ne contienne aucun élément dont l'excitation donne une sensation de chaleur, on peut conclure que l'une des deux sortes de fibres (choc et fourmillement) qu'il contient est indispensable à la production de la sensation thermique, et que ce sont vraisemblablement les éléments donnant le fourmillement qui jouent ce rôle.

3° Il faut remarquer que le *chaud* et le *froid* ne sont que des notions toutes relatives et qu'un même corps nous paraît chaud ou froid suivant que nous avons nous-même froid ou chaud.

On peut donc considérer la sensation thermique comme une véritable *sensation différentielle*, c'est-à-dire exigeant le fonctionnement simultané de deux éléments différents. *Or, le corpuscule de Meissner, substratum de la sensation de fourmillement, est enveloppé par le lacis capillaire de la papille du derme, bien placé pour prendre la température du sang, tandis que la terminaison libre dans l'épiderme est bien placée pour prendre la température du corps en contact avec la peau. Ces deux éléments représentent donc en quelque sorte deux thermomètres ou, mieux, deux aiguilles thermo-électriques qui donnent la différence de température entre le corps qui touche la peau et le sang qui irrigue la même région.*

Dans cette conception, on comprend à la fois qu'on ne trouve pas une chronaxie de froid à côté de la chronaxie de chaleur et que la section du nerf rachidien entraîne l'anesthésie des trois sensibilités alors qu'il ne renferme que deux sortes de fibres sensitives et non trois comme la peau.

L'excitation isolée des corpuscules de Meissner et de leurs fibres ne donne que la sensation de fourmillement ou de douleur, celle des terminaisons libres intra-épithéliales ne donne qu'une sensation de chaleur tandis que le fonctionnement simultané des deux éléments, lorsqu'un corps chaud ou froid est en contact avec la peau, donne la sensation de température.

II. Pour vérifier cette hypothèse, j'ai eu recours à l'étude de la dissociation syringomyélique de la sensibilité chez deux femmes atteintes de syringomyélie. Cette étude a confirmé l'interprétation que je viens de donner.

En effet, dans les régions où la sensibilité thermique est abolie, on ne

trouve plus de chronaxie de fourmillement ni dans le nerf, ni dans la peau. La chronaxie de chaleur par contre ne fait pas toujours défaut, mais alors elle est considérablement augmentée (150° à 200°).

Lorsque la sensibilité thermique n'est que troublée sans être abolie, on trouve toujours à la fois la chronaxie de fourmillement et la chronaxie de chaleur, mais avec des valeurs pathologiques. Quant à la chronaxie de choc, elle peut soit rester normale, soit augmenter sans dépasser le double de la normale, augmentation toujours compatible avec le fonctionnement normal.

La suppression constante de la chronaxie de fourmillement sans suppression constante de la chronaxie de chaleur montre le rôle important que joue le corpuscule de Meissner dans la sensibilité thermique et l'on comprend que, dans les dissociations de la sensibilité, les sensibilités douloureuse et thermique marchent toujours ensemble, tandis que la sensibilité tactile évolue indépendamment d'elles, pour son propre compte.

Conclusions. — 1° La sensation thermique apparaît donc comme une sensation différentielle, résultant du fonctionnement simultané des corpuscules de Meissner et des terminaisons libres intra-épithéliales.

2° La sensation douloureuse et de fourmillement est le fait exceptionnel de l'excitation isolée des corpuscules de Meissner ou de leurs fibres nerveuses, l'excitation isolée des terminaisons libres intra-épithéliales ne donnant qu'une sensation de chaleur ou de brûlure.

3° Cette théorie rend compte de tous les faits difficiles à expliquer observés en clinique et en physiologie normale et pathologique.

4° L'étude de la syringomyélie apporte une véritable preuve expérimentale de la théorie que je viens d'exposer.

PHYSIOLOGIE. — *Équilibre acide-base et grossesse.*

Note (1) de MM. **Henri Vignes** et **Max Lévy**, présentée par M. A. Desgrez.

Les observations publiées jusqu'ici sur l'équilibre acide-base au cours de la grossesse sont assez contradictoires : certains auteurs ont trouvé un pH élevé, témoignant d'une alcalose ; d'autres, étudiant la réserve alcaline, ont constaté sa diminution, ce qu'ils ont cru pouvoir interpréter comme la preuve d'une acidose. Il nous a semblé intéressant de reprendre ce problème en nous fondant sur les méthodes d'Ambard, de H. Chabanier et Lobo-

(1) Séance du 31 juillet 1933.

Onell, c'est-à-dire en dosant d'une part le pH plasmatique et d'autre part la répartition du chlore entre plasma et globules rouges, indice de la charge des albumines en acide. Rappelons que les globules rouges contiennent en moyenne deux fois moins de Cl que le plasma, le rapport ClgR/Clpl étant en moyenne de 0,50; toute diminution de ce rapport indiquera, donc, une diminution de la charge en chlore. Nous avons ainsi étudié, chez quelques femmes enceintes, le rapport ClgR/Clpl et, pour certaines d'entre elles, nous avons calculé, en même temps, le pH plasmatique et la réserve alcaline.

Le tableau ci-dessous résume les données numériques recueillies.

Nom.	Age.	Époque de la grossesse.	pH pl [1].	CO^2 pl.	CO^2 gR.	$\frac{CO^2 \text{ gR}}{CO^2 \text{ pl.}}$	Cl pl.	Cl gR.	Cl gR/pl.
Ma..........	23	7	–	43,3	29	0,66	3,76	1,97	0,50
Re...........	33	9	–	51,6	32,3	0,62	3,70	2,00	0,54
Gu..........	18	9	–	51,9	40,4	0,77	3,76	1,80	0,48
Fi...........	–	7	–	53,8	46,2	0,85	3,88	1,82	0,46
Sch.........	19	$8\,^1/_2$	–	42,4	39,5	0,93	4,18	1,78	0,42
A. Lev.......	–	$2\,^1/_2$	–	50	30	0,60	3,76	1,85	0,49
Lan..........	–	5	–	46,2	32,8	0,71	3,82	1,94	0,50
Rot..........	–	$2\,^1/_2$	–	52,8	26,2	0,49	3,82	1,80	0,48
Ri...........	23	terme	–	45,8	–	–	3,76	1,97	0,52
Che.........	19	9	–	49,7	39,1	0,80	3,64	1,79	0,48
Ver.........	24	terme	7,40	46,2	–	–	3,70	1,80	0,49
Baj..........	20	terme	7,415	42	40	0,95	3,94	1,76	0,44
Defra........	22	terme	7,39	–	–	–	3,60	1,73	0,48
Vern........	22	terme	7,37	–	–	–	3,60	1,94	0,54

Neuf fois, le rapport ClgR/Clpl est au-dessous de la normale, indiquant une diminution de la charge des albumines en acide; deux fois, le rapport est normal, et trois fois, il est supérieur à la normale. Que faut-il penser de ces cinq derniers examens?

On peut supposer que, pour ces femmes, le rapport ClgR/Clpl est inférieur à ce qu'il était dans les semaines ou les mois précédant l'examen, s'il en est ainsi, bien que normal ou supérieur à la normale, il indiquerait alors un déplacement de l'équilibre acide-base dans le sens d'une alcalose.

L'observation suivante prouve l'existence d'un tel mouvement d'abais-

---

([1]) pH plasmatique déterminé à l'aide de l'électrode mobile à hydrogène de Leconte de Noüy.

sement du rapport ClgR/Clpl, tout comme il prouve un mouvement d'élévation du pH plasmatique à la fin de la grossesse.

	CO^2pl.	CO^2gR.	Clpl.	ClgR.	ClgR/pl.	pHpl.	pHgR.
27 avril (7e mois)........	59,5	30,9	3,67	1,94	0,54	7,37	7,20
21 juin (9e mois).........	46,2	38,5	3,67	1,85	0,50	7,44	7,24

Cette observation inédite (due à l'obligeance de MM. Chabanier et Lobo-Onell) montre bien que le rapport ClgR/Clpl trouvé normal lors du deuxième examen, était, en réalité, inférieur à ce qu'il avait été deux mois auparavant : 0,50 au lieu de 0,54; il s'était donc produit, tant pour les albumines que pour le milieu baignant les albumines, un déplacement de l'équilibre acide-base dans le sens d'une alcalose.

Enfin, si l'on considère les variations du CO^2 plasmatique, il apparaît que l'examen du sang des femmes enceintes près du terme révèle une forme d'*alcalose gazeuse :* le pH est augmenté, le rapport ClgR/Clpl est diminué, ainsi que le CO^2 plasmatique, forme que l'on retrouve dans l'hyperpnée et l'hyperexcitation du centre respiratoire.

CHIMIE PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Étude sur les effets biologiques des ultrapressions. Action des pressions très élevées sur les protéides.* Note de MM. **J. Basset**, **M. Macheboeuf** et **G. Sandor**, transmise par M. Roux.

Deux d'entre nous ([1]) ont montré qu'une pression suffisamment élevée tuait les virus invisibles ou les bactéries non sporulées et atténuait ou inactivait les diastases et les toxines microbiennes. Les protéides jouent un rôle primordial dans de très nombreux phénomènes biologiques; il était donc intéressant d'étudier le comportement de ces substances aux pressions élevées afin de pouvoir estimer la part revenant aux modifications des protéides dans les effets biologiques des ultrapressions.

Nous avons déjà noté ([2]) que le sérum sanguin est gélifié par une pression

([1]) J. Basset et M. Macheboeuf, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 1431; J. Basset et M. Macheboeuf, *ibid.*, 196, 1933, p. 67; J. Basset, E. Wollman, M. Macheboeuf et M. Bardach, *ibid.*, 196, 1933, p. 1138; J. Basset, M. Lisbonne et M. Macheboeuf, *ibid.*, 196, 1933, p. 1540; M. Macheboeuf, J. Basset et G. Lévy, *Influence des pressions très élevées sur les diastases* (*Annales de Physiologie et Physicochimie biologique*, (sous presse).

([2]) *Loc. cit.*, 196, 1933, p. 67.

suffisante (13500^{atm}); nous avons poursuivi l'étude de ce phénomène en soumettant tout d'abord une série d'échantillons d'un même sérum de cheval à des pressions variables. Pour cela le sérum était enfermé dans des tubes en caoutchouc (feuille anglaise) que l'on faisait ensuite baigner dans le liquide des presses; la pression fut établie en une minute, puis maintenue constante pendant 30 minutes.

Pression en atm. =	3000.	5000.	7000.	9000.	11000.	13000.
Aspect du sérum après pression...	liquide limpide	liquide légèrement opalescent	liquide opalescent	liquide visqueux opalescent	liquide visqueux opalescent	gélification complète

La durée a une influence légère mais nette : en 4 minutes par exemple, à 9000^{atm} le sérum prend seulement l'aspect qu'il prend en 30 minutes à 6000^{atm}, mais en 14 heures à 5000^{atm} le sérum prend seulement l'aspect qu'il présente après 30 minutes à 6000^{atm}. Après 30 minutes l'effet maximum est donc à peu près atteint.

Nous avons poursuivi notre étude en soumettant séparément aux ultra-pressions des solutions de sérum-globulines d'une part et de sérum-albumines d'autre part. Nous avions éliminé par dialyse la majeure partie des sels (sulfate d'ammonium) et nous avions fixé le pH à 7,2 par des phosphates tampons (M/100); les liquides étaient isotonisés par 9 pour 1000 de NaCl (pour que les euglobulines restent dissoutes).

Voici les résultats obtenus après 30 minutes de séjour sous pression :

Pressions (30 minutes).	Aspect des solutions à la sortie des presses. Globulines.	Albumines.
atm		
9000	Visqueux opalescent	Limpide
10500	Visqueux opalescent	Limpide
15000	Gélification complète	Limpide

Ce sont donc seulement les globulines qui sont gélifiées aux pressions que nous pouvons atteindre. Nous avons vérifié que les euglobulines et les pseudo-globulines étaient coagulées par pression d'une façon comparable.

La réaction du milieu influe sur les divers phénomènes de précipitation des protéides déjà étudiées, nous avons constaté qu'il en est de même pour la coagulation des sérumglobulines par la pression. Au voisinage de l'isoélectrique, la coagulation est plus facile et plus complète que pour les pH plus acides et plus alcalins.

Nous avons cherché à savoir quelle était la nature physico-chimique des

modifications subies par les globulines soumises aux ultrapressions, pour cela nous avons titré électrométriquement le pouvoir tampon de globulines avant et après pression et nous avons trouvé qu'aucune différence décelable n'existait entre nos courbes de titration qui étaient rigoureusement superposables. Nous avons effectué deux expériences parfaitement concordantes, dans l'une les globulines ont été soumises pendant 30 minutes à 10500^{atm} à pH 7,2 (tampon phosphaté), dans l'autre la pression fut 6000^{atm} et le pH 6,4 (sans tampon).

Il semble donc que la coagulation par pression n'est pas due à une réaction chimique formant par exemple des amides ou des anhydrides ou des lactones qui auraient fait varier le nombre des fonctions polaires basiques ou acides des protéides. Les modifications de structure micellaire ou moléculaire des globulines produites par les ultrapressions semblent de nature physique. Il se peut qu'elles soient dues à une déshydratation irréversible ou à une modification irréversible de l'arrangement spatial des chaînes peptidiques provoquant par exemple le rapprochement et la solvatation mutuelle de certains groupements non polaires mais homologues tels que des chaînes polyméthyléniques. Deux d'entre nous [1] ont déjà envisagé une hypothèse semblable pour expliquer l'union aux protéides du sérum des lipides qui leur sont fixés. Quoi qu'il en soit, il est intéressant de noter que les protéides pressées conservent intactes la grande majorité au moins de leurs fonctions polaires. Nous cherchons actuellement si la spécificité antigénique des protéides n'est pas modifiée par la pression; si cela était, nous chercherions à préparer des vaccins au moyen de bactéries tuées par la pression.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Présence du virus syphilitique dans l'ovaire des souris syphilisées par voie sous-cutanée.* Note de MM. **C. Levaditi, G. Hornus, A. Vaisman** et **R. Schoen**, transmise par M. Roux.

Au cours de nos recherches sur la transmission héréditaire de la syphilis expérimentale chez la souris, nous nous sommes demandé quelle pouvait être la virulence des organes germinatifs, testicule et ovaire, chez les animaux syphilisés par voie sous-cutanée. On sait que chez la souris blanche, l'introduction du virus syphilitique (greffe de syphilome Truffii)

(1) M. Macheboeuf et G. Sandor, *Bull. Soc. Chim. biol.*, 14, 1932, p. 1168.

sous la peau, détermine une infection spécifique cliniquement inapparente, se traduisant par la présence du virus dans les ganglions lymphatiques, la rate et le névraxe (cerveau et moelle épinière). En outre, on décèle fréquemment le *Treponema pallidum* dans le système lymphogène périphérique [Jahnel et Prigge (1); Levaditi et Schoen (2)]. Or, nous avons eu soin de rechercher la virulence du testicule et de l'ovaire chez des souris, contaminées, en inoculant ces organes gsrminatifs sous le scrotum de lapins neufs. Voici les résultats de nos essais :

Expérience. — Douze souris blanches (six mâles et six femelles) sont inoculées le 17 octobre 1932 par greffes de chancre Truffi insérées sous la peau de la région dorsale. Le premier essai de virulence est effectué le 16 décembre, soit 60 jours après l'inoculation. Huit souris (dont quatre mâles et 4 femelles) sont sacrifiées à cette date. D'une part les testicules, d'autre part les ovaires, sont inoculés, par voie sous-scrotale, à des lapins neufs. Des inoculations analogues sont pratiquées avec les ganglions lymphatiques inguinaux et axillaires. Alors que l'épreuve de ces ganglions a fourni des résultats nettement positifs (apparition de syphilomes le 55e jour), par contre les greffes réalisées avec les testicules et les ovaires se sont révélées dénuées de tout pouvoir pathogène. Ces données, ainsi que la présence de tréponèmes dans les ganglions lymphatiques des souris mâles (3) (examen sur coupes imprégnées à l'argent, méthode de Dieterlé), montrent que 60 *jours après l'inoculation du virus syphilitique, ce virus se retrouve dans le système lymphatique périphérique, mais paraît absent des organes germinatifs, testicule et ovaire.*

Le second essai eut lieu le 31 mars 1933, soit 165 jours après l'infection. Deux souris mâles (41 B et 42 B) et deux souris femelles (39 B et 40 B) ont été sacrifiées à cette date. Les ganglions lymphatiques des deux souris *mâles* ont été inoculés aux lapins 485, 486, 487, 488 et 489 U. Parmi ces animaux, quatre ont réagi par des syphilomes scrotaux typiques. D'ailleurs, ces ganglions contenaient le *Treponema pallidum*. Les glandes lymphatiques des deux souris *femelles* ont été administrées aux lapins 475, 476, 477, 478 et 479 U. Trois de ces lapins ont montré, le 55e jour, des chancres scrotaux riches en spirochètes (présence de rares parasites sur les coupes de ces glandes). Cet essai montre que *le virus syphilitique était présent dans*

(1) *Deut. med. Woch.*, 55, 1929, p. 694.

(2) *C. R. Soc. de Biologie*, 109, 1932, p. 811.

(3) Les souris femelles n'ont pas été examinées de ce point de vue.

le système lymphatique périphérique de nos souris mâles et femelles, 165 *jours après l'inoculation.*

Les testicules ont été inoculés à cinq lapins (de 490 à 494 U). Aucun de ces sujets n'a réagi (60 à 90 jours d'observation). Par contre, l'*inoculation des ovaires a fourni trois résultats nettement positifs.* En effet, sur les quatre lapins utilisés dans cette épreuve, trois (480, 481 et 483 U) ont montré des syphilomes scrotaux le 73e jour.

Il en résulte que 165 *jours après l'inoculation sous-cutanée du virus syphilitique à des souris mâles et femelles, ce virus peut être décelé dans les ovaires, alors qu'il paraît absent des testicules.*

Nous avons eu soin de rechercher le tréponème sur coupes d'ovaires prélevés chez deux souris syphilisées depuis 24 heures et 57 jours. Les résultats ont été négatifs jusqu'à présent. Nous continuons ces recherches.

Conclusion. — *Le virus syphilitique peut être décelé dans l'ovaire des souris blanches syphilisées depuis* 165 *jours, alors qu'au même moment, il paraît absent de l'organe germinatif mâle.* Ces constatations sont à rapprocher de la présence du *Treponema pallidum* dans les ovocytes des nouveau-nés hérédo-syphilitiques [Hoffmann et Wolters ([1]); Levaditi et Sauvage ([2])].

A 15h 30m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 15h 55m.

A. Lx.

([1]) Hoffmann, *Die Aetiologie der syphilis*, Berlin, Springer, 1906.
([2]) *Comptes rendus*, 143, 1906, p. 559.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 16 OCTOBRE 1933.

PRÉSIDENCE DE M. ÉMILE BOREL.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Federico Enriquez**, professeur à l'Université de Rome, membre de l'Académie des Lincei, qui assiste à la séance.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur la pluie d'étoiles filantes du 9 octobre* 1933. Note de M. **Ernest Esclangon**.

La pluie d'étoiles filantes du 9 octobre dernier, qui a si vivement attiré l'attention du public, a pu être observée dans un grand nombre de lieux, notamment dans la plupart des observatoires français : à Paris-Meudon, à Besançon, Lyon, Marseille, Strasbourg.

Depuis le 27 novembre 1885, on n'avait enregistré d'averse météorique aussi importante. Celle-ci, dont le radiant était situé dans la constellation d'Andromède, était en relation avec l'orbite de la fameuse comète de Biela dont on observa, d'abord le dédoublement en 1846, et qui, désagrégée ensuite, donna naissance aux magnifiques pluies d'étoiles de 1872 et 1885. Bien qu'exceptionnelle et très remarquable, l'averse météorique du 9 octobre 1933 a été beaucoup moins importante que ces dernières, lesquelles, méritant véritablement l'appellation de pluies d'étoiles, constituèrent un spectacle céleste incomparable.

En dehors de la question d'intensité numérique des météores, une différence essentielle doit être notée entre l'averse de 1885 et celle de 1933. Tandis qu'en 1885, aucun des météores, parmi ceux qui en nombre immense

sillonnèrent le ciel aux premières heures de la nuit (en Europe), ne parut atteindre un éclat exceptionnel ; dans l'averse du 9 octobre dernier, au contraire, certaines, parmi l'ensemble des étoiles filantes observées, étaient extrêmement brillantes, dépassant l'éclat de Sirius sinon de Vénus, de plus, elles laissaient derrière elles des traînées lumineuses très persistantes, circonstance paraissant indiquer une grande variété de dimensions et de masses dans les corpuscules composant l'essaim.

Personnellement, j'ai pu observer l'averse météorique du 9 octobre 1933, en Haute-Provence, à Mison (Basses-Alpes), par un ciel exceptionnellement pur, lavé au surplus par une forte pluie survenue dans la journée.

Dès la chute complète du jour, vers 18^h, une abondance anormale d'étoiles filantes attira l'attention de la population. L'intensité du phénomène alla en croissant graduellement jusque vers $19^h 50^m$ (T. M. G.). A ce moment, elle correspondait, comme ordre de grandeur, à l'apparition d'une quinzaine de météores par seconde, les uns à la limite de visibilité, quelques autres très brillants avec traînées lumineuses persistantes, la région du zénith constituant, comme il doit être, une zone de moindre densité relative d'apparition. Le phénomène, qui était absolument silencieux, s'atténua ensuite progressivement et avait déjà diminué au lever effectif de la Lune, à $20^h 20^m$, mais, jusque vers 22^h, on put observer encore des trajectoires météoriques.

La détermination du radiant, étant donnée l'abondance des météores, était facile. En se bornant aux trajectoires, aussi nombreuses qu'on pouvait le désirer, apparaissant au voisinage du centre de radiation, et par comparaison de position avec les étoiles voisines γ et ζ du Dragon, je trouvai $\alpha = 268^\circ$, $\delta = +53^\circ$. A plusieurs reprises, j'eus l'occasion d'observer des météores dont la trajectoire visible, dirigée vers l'observateur, se réduisait pour ainsi dire à l'apparition d'un simple point lumineux, plus exactement d'une sorte de virgule lumineuse. Ces points ne coïncidaient exactement, ni entre eux, ni avec le radiant déterminé ainsi qu'il vient d'être dit, l'écart était de l'ordre de plus de 1°. Cela prouve évidemment que la détermination du radiant est influencée par la courbure des trajectoires aériennes, variable avec la masse et le volume et la forme des corpuscules pénétrant dans l'atmosphère.

La position du radiant a fait l'objet de déterminations multiples. Parmi les plus précises faites en France et actuellement parvenues à notre connaissance, nous citerons les suivantes :

A l'Observatoire de Lyon, deux déterminations ont été faites avec soin

par MM. J. Dufay, J. Ellsworth et S. P. Liau, l'une en utilisant les trajectoires courtes apparaissant à proximité du radiant; elle fournit les nombres $\alpha = 266^\circ,5$, $\delta = +56^\circ,5$; l'autre en traçant les trajectoires de quelques météores choisis parmi les plus brillants; elle donne $\alpha = 265^\circ,5$, $\delta = +54^\circ,5$.

A l'Observatoire de Strasbourg, MM. Danjon, Véronnet et Rougier, observant indépendamment, ont trouvé $\alpha = 269^\circ$,, $\delta = +56^\circ$.

M. E. Fichot, observant à Tabanac (Gironde) dans d'excellentes conditions, a obtenu $\alpha = 265^\circ$, $\delta = +55^\circ$.

La moyenne de ces résultats fournit la position

$$\alpha = 266^\circ,1, \qquad \delta = +55^\circ,0.$$

De l'ensemble des déterminations actuellement connues, on peut dégager la conclusion suivante. Dans tous les lieux où le ciel était très beau, où les météores visibles étaient par conséquent très nombreux, notamment ceux qui apparaissant au voisinage du radiant étaient naturellement utilisés pour la détermination de ce radiant, les nombres obtenus sont extrêmement concordants et se rapprochent de ceux donnés ci-dessus. Au contraire, en des lieux où le ciel médiocre permettait seulement l'observation des météores brillants, apparaissant en des points quelconques du ciel, par surcroît peu nombreux, les nombres obtenus présentent des divergences notables, dépassant parfois 10 et même 15°. C'est ainsi qu'à Meudon où le ciel était brumeux, MM. d'Azambuja et Baldet ont trouvé respectivement $\alpha = 279^\circ$, $\delta = 51^\circ$ et $\alpha = 282^\circ$, $\delta = 47^\circ$. Il n'est pas douteux que ces divergences doivent tenir, non à des erreurs d'observation, mais à l'influence de la courbure des trajectoires météoriques dans leur partie aérienne et lumineuse. Certains observateurs ont cru même observer plusieurs radiants ou la variation d'un radiant unique. Il semble au surplus que certains, parmi les météores les plus brillants, paraissaient sans rapport avec le radiant si précis défini par les météores moyens apparaissant à son voisinage, et n'appartenaient peut-être pas à l'essaim.

Tous les observateurs s'accordent à placer le maximum du phénomène vers 20^h.

Si l'averse météorique du 9 octobre a surpris par son importance, elle n'a pu être considérée comme absolument inattendue. Des essaims peu denses avaient été déjà signalés les 9 octobre 1920 et 1926, et étudiés par l'astronome anglais W. F. Denning, spécialiste de ces questions. En 1933 comme en 1926, les météores étaient lents et les plus brillants laissaient

une traînée persistante, particularité rare pour les météores lents et considérée par Denning comme caractéristique de l'essaim dont l'origine fut indiquée par lui en 1926 (¹). La Terre rencontre, le 9 ou le 10 octobre, l'orbite de la comète Giacobini II-Zinner (1900). Crommelin a calculé, en 1926, les coordonnées du radiant correspondant à l'orbite de la comète et trouvé

$$\alpha = 265^\circ, \qquad \delta = +54^\circ;$$

nombres qui s'accordent remarquablement avec les observations du 9 octobre 1933 (²).

La période de la comète est de 6,58 ans et les chutes météoriques paraissent se reproduire, à 6 ou 7 ans d'intervalle, le 9 octobre qui précède ou suit le passage au périhélie, comme si les corpuscules, provenant de la désagrégation en cours de l'astre, étaient encore rassemblés sur l'orbite au voisinage et de part et d'autre de celui-ci. L'essaim observé en 1926 a précédé le passage au périhélie (11 décembre); cette année, au contraire, la comète, retrouvée par Schorr le 23 avril 1933 et observée au cours de l'été, était en avance d'un jour sur l'éphéméride calculée; elle a atteint son périhélie le 15 juillet.

Peut-être faut-il conclure, soit à une accentuation de la désagrégation de l'astre, soit à des circonstances particulières qui ont permis à la Terre de pénétrer dans une partie plus dense de l'essaim.

NOMINATIONS.

M. A. **Lacroix** est désigné pour représenter l'Académie dans le Comité de patronage du *Musée Bonaparte* consacré par S. M. le Roi d'Égypte à l'expédition de 1798, qui doit être inauguré au Caire en février 1935.

(¹) *Monthly Notices*, 87, 1926, p. 104.

(²) Mlle Jasse, de l'Observatoire de Marseille, ayant calculé ces jours-ci une nouvelle position du radiant de la comète a trouvé $\alpha = 271^\circ$, $\delta = 51^\circ$. Le 10 octobre, le rayon vecteur Soleil-Terre ne différait de celui correspondant à l'orbite de la comète que de 0,0002 en unités astronomiques.

ÉLECTIONS.

Par la majorité absolue des suffrages, MM. **L. Bouvier**, **L. Mangin**, **P. Marchal**, **L. Joubin**, **F. Mesnil**, **Ch. Gravier**, **M. Caullery** sont élus pour constituer, avec le Bureau de l'Académie, la Commission chargée de présenter un candidat au *prix Le Conte*.

Par la majorité absolue des suffrages, M. **H. Vincent** est élu membre de la 1re Section de la Caisse des Recherches scientifiques, en remplacement de M. *Édouard Quénu* décédé.

CORRESPONDANCE.

L'**Asiatic Society of Bengal** prie l'Académie de vouloir bien se faire représenter à la célébration du 150e anniversaire de sa fondation, le 15 janvier 1934, à Calcutta.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

René Sauffrignon. *Le Graphite. Étude économique.*

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les équations aux différences finies.* Note (1) de M. **M. Ghermanesco**, présentée par M. Hadamard.

La théorie des équations aux différences finies a fait de remarquables progrès, grâce aux travaux de M. Nörlund, qui lui a imprimé une allure toute moderne. On s'est occupé surtout des équations de la forme

$$\varphi(x) - \lambda\varphi(x+\omega) = g(x), \tag{1}$$

(1) Séance du 9 octobre 1933.

dont les cas $\lambda = \pm 1$ ont fait l'objet des préoccupations spéciales de M. Nörlund. Les résultats de M. Nörlund ont été étendus à des cas plus généraux par MM. R. Raclis, S. Bochner et nous-même.

Les formules de ces auteurs donnent la solution des équations considérées sous une forme très générale, moyennant certaines conditions imposées à la fonction donnée $g(x)$. Cependant, un point de vue remarquable échappe à cette théorie : la nature de la solution par rapport au paramètre λ.

J'avais cru qu'on pouvait ramener l'équation (1) à une équation intégrale du type de Fredholm et, dès lors, appliquer la théorie bien connue. Cela est aisé, quant au premier pas car, si $g(x)$ est holomorphe, la formule de Cauchy change l'équation aux différences (1) en une équation intégrale

$$\varphi(x) - \frac{\lambda}{2\pi i}\int_C \frac{\varphi(s)\,ds}{s - x - \omega} = g(x);$$

mais la théorie de Fredholm ne s'applique pas, mot à mot, à cette équation, ce qui fait penser qu'on doit reprendre les recherches dans le domaine complexe. J'ai montré ainsi que la solution de l'équation aux différences (1) n'est pas toujours méromorphe en λ, elle est parfois à *coupure essentielle;* que les valeurs singulières de λ ne dépendent pas exclusivement du noyau, mais de la fonction donnée $g(x)$, et enfin que l'équation

$$\varphi(z) - \lambda_1 \varphi(x + \omega) = g(x)$$

admet toujours une solution, lorsque λ_1 est un *pôle*, ce qui fait que le troisième théorème de Fredholm est assez restrictif.

Je signale les résultats obtenus, dont la démonstration paraîtra dans un Mémoire plus étendu.

I. Théorème A. — *L'équation aux différences finies*

$$\varphi(x) - \lambda\varphi(x + \omega) = g(x),$$

où $g(x)$ est à partie réelle positive, est soluble par approximations successives pour toute valeur de λ, à l'exception d'un ensemble fini ou dénombrable de valeurs. La solution ainsi obtenue est une fonction méromorphe en λ, admettant ces valeurs exceptionnelles comme pôles, si la limite

$$\frac{1}{\lambda_1} = \lim_{n=\infty} \frac{g(x + \overline{n+1}\,\omega)}{g(x + n\omega)}$$

est finie et différente de zéro et si l'on peut déterminer un entier positif **p**, *tel*

que la série

$$\left(1-\frac{1}{\lambda_1}\right)^p \varphi(x)$$

admette un rayon de convergence supérieur à λ_1. *Si la limite considérée est nulle, la solution est alors une fonction entière en* λ.

II. Théorème B. — *Pour les valeurs exceptionnelles de* λ, *c'est l'équation sans second membre*

$$\varphi(x)-\lambda_1\varphi(x+\omega)=0$$

qui admet une solution.

III. Théorème C. — *L'équation*

$$\varphi(x)-\lambda_1\varphi(x+\omega)=g(x),$$

dans laquelle λ_1 *désigne un pôle de la solution de l'équation* (1), *est toujours résoluble et sa solution la plus générale dépend d'une fonction arbitraire, de période* ω.

Posons

$$\overset{1}{\underset{\lambda}{\mathbf{E}}}\varphi=\varphi(x)-\lambda\varphi(x+\omega)$$

et en général

$$\overset{k}{\underset{\lambda}{\mathbf{E}}}\varphi=\overset{1}{\underset{\lambda}{\mathbf{E}}}\left(\overset{k-1}{\underset{\lambda}{\mathbf{E}}}\varphi\right),$$

nous avons les résultats suivants :

IV. Théorème. — *Pour que la solution de l'équation aux différences finies*

$$\varphi(x)-\lambda\varphi(x+\omega)=g(x)$$

soit une fonction méromorphe en λ, *il faut et il suffit que la fonction donnée* $g(x)$ *soit décomposable en une somme, finie ou non, de fonctions* $g_i(x)$, *telles que l'on ait*

$$\overset{k_i}{\underset{\lambda_i}{\mathbf{E}}} g_i(x)=0.$$

Dans ce cas, les λ_i *seront les pôles, ayant les* k_i *pour ordre de multiplicité.*

V. Théorème. — *Pour que la solution de l'équation aux différences finies*

$$\varphi(x)-\lambda\varphi(x+\omega)=g(x)$$

soit une fonction méromorphe en λ, *il faut et il suffit que l'on puisse déter-*

miner l'entier positif p et le nombre λ_1, tels que la limite de l'expression

$$S_n(\lambda_1) = \lambda_1^n g(x+n\omega) + \lambda_1^{n-1}(1 - C_p^1) g(x + \overline{n-1}\,\omega) + \ldots + \lambda_1^{n-p+1}[1 - C_p^1 + C_p^2 - \ldots (-1)^{p-1} C_p^{p-1}] g(x + \overline{n-p+1}\,\omega),$$

pour n infini, existe et soit différente de zéro et qu'ensuite la série

$$\left(1 - \frac{\lambda}{\lambda_1}\right)^p \sum_0^\infty \lambda^n g(x+n\omega)$$

ait un rayon de convergence supérieur à λ_1.

La théorie s'étend aisément aux équations (1) à plusieurs variables

$$\varphi(x, y) - \lambda\,\varphi(x+a, y+b) = g(x, y) \qquad (a, b > 0)$$

ou à l'équation

$$\varphi(x) - \lambda[a_1 f(x+\omega_1) + a_2\varphi(x+\omega_2) + \ldots + a_p\varphi(x+\omega_p)] = g(x) \qquad (\omega_i > 0).$$

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les potentiels logarithmiques des doubles couches.* Note [1] de MM. **W. Nikliborc** et **W. Stożek**, présentée par M. Émile Borel.

Soit C un arc simple, défini par l'équation

$$y = f(x).$$

Supposons que la fonction $f(x)$ est continue dans l'intervalle [0, 1], et qu'elle possède la première dérivée $f'(x)$ continue, satisfaisant à la condition

$$|f'(x)| \leqq A x^\lambda \qquad (\lambda > 0)$$

(dite condition de M. Hölder avec l'exposant λ). Soit de plus $f(0) = 0$.

Soit $g(s)$ une fonction mesurable, telle que l'intégrale

$$\int_0^1 |g(s)|^{\frac{1}{\lambda}+\varepsilon} ds \qquad (\varepsilon > 0)$$

existe.

Envisageons le potentiel

$$W(P) = \int_C g(s) \frac{\cos(r_{MP}, n_M)}{r_{MP}} ds,$$

[1] Séance du 2 octobre 1933.

désignons par (ρ, φ) les coordonnées polaires du point P.

$$0 \leqq \varphi \leqq 2\pi,$$

et posons

$$h = \underline{\lim}_{0<\xi\to 0} \frac{1}{\xi} \int_0^{\xi} g(s)\, ds,$$

$$\mathrm{H} = \overline{\lim}_{0<\xi\to 0} \frac{1}{\xi} \int_0^{\xi} g(s)\, ds.$$

Le théorème suivant, qui généralise un théorème classique bien connu, *subsiste :*

« *Si* P $\to$ o *de telle manière, que* $\varphi \to \varphi_0$, *et que le point* P *est situé toujours en dehors de la courbe* C, *alors*

I. $0 < \varphi_0 \leqq \pi/2$:

$$(\pi - \varphi_0) h - \cot\varphi_0 (\mathrm{H} - h) \leqq \underline{\lim}_{\substack{\rho\to 0 \\ \varphi\to\varphi_0}} \{ \mathrm{W(P)} - \mathrm{W(o)} \}$$
$$\leqq \overline{\lim}_{\substack{\rho\to 0 \\ \varphi\to\varphi_0}} \{ \mathrm{W(P)} - \mathrm{W(o)} \} \leqq (\pi - \varphi_0)\mathrm{H} + \cot\varphi_0(\mathrm{H} - h).$$

II. $\pi/2 \leqq \varphi_0 \leqq \pi$:

$$(\pi - \varphi_0) h \leqq \underline{\lim}_{\substack{\rho\to 0 \\ \varphi\to\varphi_0}} \{ \mathrm{W(P)} - \mathrm{W(o)} \} \leqq \overline{\lim}_{\substack{\rho\to 0 \\ \varphi\to\varphi_0}} \{ \mathrm{W(P)} - \mathrm{W(o)} \} \leqq (\pi - \varphi_0)\mathrm{H}.$$

III. $\pi \leqq \varphi_0 \leqq 3\pi/2$:

$$(\pi - \varphi_0) \mathrm{H} \leqq \underline{\lim}_{\substack{\rho\to 0 \\ \varphi\to\varphi_0}} \{ \mathrm{W(P)} - \mathrm{W(o)} \} \leqq \overline{\lim}_{\substack{\rho\to 0 \\ \varphi\to\varphi_0}} \{ \mathrm{W(P)} - \mathrm{W(o)} \} \leqq (\pi - \varphi_0)h.$$

IV. $3\pi/2 \leqq \varphi_0 < 2\pi$:

$$(\pi - \varphi_0) \mathrm{H} + \cot\varphi_0 (\mathrm{H} - h) \leqq \underline{\lim}_{\substack{\rho\to 0 \\ \varphi\to\varphi_0}} \{ \mathrm{W(P)} - \mathrm{W(o)} \}$$
$$\leqq \overline{\lim}_{\substack{\rho\to 0 \\ \varphi\to\varphi_0}} \{ \mathrm{W(P)} - \mathrm{W(o)} \} \leqq (\pi - \varphi_0)h - \cot\varphi_0(\mathrm{H} - h) \text{ ».}$$

Une conséquence, presque immédiate, est le théorème suivant :

« Si la courbe C est de la classe Ah [1], et si l'intégrale $\int_{\mathrm{C}} |g(s)|^{\frac{1}{\lambda}+\varepsilon}\, ds$

---

[1] Selon la terminologie, adoptée par L. Lichtenstein, dans son article de l'*Encyc. Math.*, consacré à la théorie du potentiel.

($\varepsilon > 0$) existe, et si P_0 est situé sur la courbe C, alors on a presque partout

$$W_+(P) = W(P_0) + \pi g(P_0),$$
$$W_-(P) = W(P_0) - \pi g(P_0),$$

où $W_+(P)$ et $W_-(P)$ désignent les limites de la fonction $W(P)$, quand le point P tend vers P_0 suivant un chemin non tangent à C du côté positif respectivement négatif de la courbe C. »

On peut envisager des problèmes analogues pour la dérivée normale du potentiel d'une simple couche, aussi bien sur le plan, que dans l'espace. Nous reviendrons sur ces questions, ainsi que sur l'application aux problèmes de Dirichlet et Neumann, dans une Note prochaine.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Les fonctions quasi analytiques.* Note de Mlle **H. Szmuszkowiczowna**, présentée par M. Émile Borel.

La notion de fonction quasi analytique, introduite par M. S. Bernstein pour les fonctions définies sur un segment de l'axe réel, s'étend aisément aux fonctions définies sur une courbe rectifiable. Nous considérons le cas où cette courbe est la circonférence C du cercle-unité.

Soit $f(z)$ une fonction uniforme sur C. Si $f(z)$ n'est pas analytique sur C et s'il existe une suite $\{n_k\}$ de nombres naturels croissants satisfaisant à la condition

$$(1) \qquad \lim \frac{n_{k+1}}{n_k} = \infty,$$

une suite $\{P_{n_k}(z)\}$ de polynomes de degré n_k, et deux constantes M et $\rho < 1$, telles que

$$(2) \qquad |f(z) - P_{n_k}(z)| > M\rho^{n_k} z \varepsilon C \qquad (k = 0, 1, \ldots),$$

alors $f(z)$ est quasi analytique sur C, relativement à la suite $\{n_k\}$ et à la suite $\{P_{n_k}(z)\}$.

Théorème I. — *Soit $\{n_k\}$ une suite de nombres naturels croissants, satisfaisant à (1). Posons*

$$(3) \qquad \overline{\lim} \sqrt[n_k]{n_{k+1}} = A \geq 1.$$

Soient θ un nombre positif tel que $\theta A < 1$ et $f(z) = \Sigma a_n z^n$ une série de

puissances de rayon de convergence 1 telle que

(4) $$\lim \sqrt[n]{a_n} = 1.$$

Alors la fonction $g(z) = \Sigma c_n z^n$ où $c_n = a_n \theta^{n_k}$, pour $n_k < n \leqq n_{k+1}$ est quasi analytique sur C relativement à la suite $\{n_k\}$.

Un exemple particulièrement simple s'obtient en posant $a_n = 1$ $(n = 0, 1, 2, \ldots)$, c'est-à-dire $f(z) = 1/1 - z$.

Théorème II. — *Si la fonction $h(z) = \Sigma b_n z^n$ est sur C quasi analytique relativement à la suite $\{n_k\}$, alors il existe un nombre $0 < \theta < 1$ tel, que pour chaque n satisfaisant à l'inégalité*

(5) $$n_k < n \leqq n_{k+1},$$

on a

(6) $$|b_n| < \theta^{n_k}.$$

Théorème III. — *Soit $h(z) = \Sigma b_n z^n$ quasi analytique sur C, relativement à la suite $\{n_k\}$, telle qu'on a (3); soit θ une constante < 1, pour laquelle est vérifiée l'inégalité (6) du théorème II, si l'on a, pour un p naturel,*

(7) $$A^p \theta < 1;$$

alors les dérivées $h^{(k)}(z)$ pour $k = 0, 1, \ldots, p-1$ sont quasi analytiques relativement à la suite $\{n_k\}$.

Si, en particulier $A = 1$, chaque dérivée de la fonction $h(z)$ est quasi analytique sur C relativement à la suite $\{n_k\}$.

Théorème IV. — *Si la fonction $h(z) = \Sigma b_n z^n$ est quasi analytique sur C, relativement à la suite $\{n_k\}$, alors elle est quasi analytique relativement à la suite de polynomes $S_{n_k}(z)$, S_{n_k} désignant le $n_k^{ième}$ segment du développement de Taylor de $h(z)$, c'est-à-dire $S_n = \sum_{j=0}^{n} b_j z^j$.*

Théorème V. — *Si la fonction $h(z) = \Sigma b_n z^n$ quasi analytique sur C relativement à la suite $\{n_k\}$ est régulière dans un point quelconque z_0 du C, alors chaque suite de polynomes $P_{n_k}(z)$ du degré n_k satisfaisant à l'inégalité*

(1) $$|h(z) - P_{n_k}(z)| < M\rho^{n_k}$$

est en z_0 hyperconvergente (überconvergent).

Il résulte des théorèmes IV, V et d'une propriété de polynomes de Tchebichef que la condition nécessaire pour que la fonction $h(z)$ quasi

analytique sur C soit prolongeable analytiquement est que l'inégalité

(6) $$|b_n| < \theta^{n_k}$$

du théorème II soit vérifiée pour $n_k - m_k < n \leqq n_{k+1}$, où $\lim n_k/m_k \geqq 1$ est un nombre fini.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les fonctions hypergéométriques et une de leurs extensions*. Note (¹) de M. **Jacques Devisme**, présentée par M. Élie Cartan.

Nous voudrions présenter quelques remarques très simples, inédites à notre connaissance, sur les équations différentielles ou aux dérivées partielles vérifiées par les fonctions hypergéométriques à une ou plusieurs variables.

Ces remarques fournissent facilement une règle simple permettant d'écrire immédiatement les équations relatives à une fonction hypergéométrique donnée.

I. *L'équation différentielle de la fonction*

$$y = {}_rF_s(\alpha_1, \ldots, \alpha_r; \beta_1, \ldots, \beta_s; x) = \sum_{n=0}^{n=\infty} \frac{(\alpha_1, n) \ldots (\alpha_r, n)}{(\beta_1, n) \ldots (\beta_s, n)} \frac{x^n}{(1, n)} \qquad (r \leqq s+1)$$

s'écrit

$$\prod_1^r \left\{ \alpha_i + \left(x \frac{d}{dx} \right) \right\} y - \prod_1^s \left\{ \beta_i + \left(x \frac{d}{dx} \right) \right\} \frac{dy}{dx} = 0,$$

les produits symboliques étant effectués en considérant l'expression $(x\, d/dx)$ *comme un opérateur unique*.

II. En remarquant que les équations aux dérivées partielles (dont nous n'écrivons qu'une à chaque fois, l'autre étant obtenue en échangeant x et y, α, α', ...), des fonctions d'Appell

$$F_1(\alpha, \beta, \beta'; \gamma; x, y), \quad F_2(\alpha, \beta, \beta'; \gamma, \gamma'; x, y), \quad F_3(\alpha, \alpha', \beta, \beta'; \gamma; x, y), \quad F_4(\alpha, \beta; \gamma, \gamma'; x, y)$$

(¹) Séance du 2 octobre 1933.

s'écrivent respectivement

$$\left\{\alpha+\left(x\frac{\partial}{\partial x}\right)+\left(y\frac{\partial}{\partial y}\right)\right\}\left\{\beta+\left(x\frac{\partial}{\partial x}\right)\right\}z-\left\{\gamma+\left(x\frac{\partial}{\partial x}\right)+\left(y\frac{\partial}{\partial y}\right)\right\}\frac{\partial z}{\partial x}=0,$$

$$\left\{\alpha+\left(x\frac{\partial}{\partial x}\right)+\left(y\frac{\partial}{\partial y}\right)\right\}\left\{\beta+\left(x\frac{\partial}{\partial x}\right)\right\}z-\left\{\gamma+\left(x\frac{\partial}{\partial x}\right)\right\}\frac{\partial z}{\partial x}=0,$$

$$\left\{\alpha+\left(x\frac{\partial}{\partial x}\right)\right\}\left\{\beta+\left(x\frac{\partial}{\partial x}\right)\right\}z-\left\{\gamma+\left(x\frac{\partial}{\partial x}\right)+\left(y\frac{\partial}{\partial y}\right)\right\}\frac{\partial z}{\partial x}=0,$$

$$\left\{\alpha+\left(x\frac{\partial}{\partial x}\right)+\left(y\frac{\partial}{\partial y}\right)\right\}\left\{\beta+\left(x\frac{\partial}{\partial x}\right)+\left(y\frac{\partial}{\partial y}\right)\right\}z-\left\{\gamma+\left(x\frac{\partial}{\partial x}\right)\right\}\frac{\partial z}{\partial x},$$

on peut énoncer une règle simple (nous ne le ferons pas faute de place).

On obtient immédiatement les équations aux dérivées partielles des fonctions confluentes Φ_1, Φ_2, Φ_3, Ψ_1, Ψ_2, Ξ_1, Ξ_2 de M. P. Humbert en remplaçant par l'unité le facteur symbolique correspondant au coefficient α, ..., γ' évanescent.

Ces résultats se généralisent aisément aux fonctions hypergéométriques d'ordre supérieur et à plusieurs variables.

III. Considérons le produit $p_k=\prod_1^k u_i$, nous savons [1] que $F(p_k)$ étant une fonction de p_k seul, la fonction

$$\Phi=\frac{\partial^k F(p_k)}{\partial u_1\ldots\partial u_k}$$

est aussi une fonction de p_k seul. A chaque fonction $F(p)$ nous pouvons ainsi faire correspondre une fonction $\Phi(p)$ que nous appellerons dérivée généralisée de F d'indice k et nous écrirons

$$\frac{\overset{k}{\mathrm{D}}\,F(p)}{\mathrm{D}p}=\overset{k}{F}(p)=\Phi(p);$$

ainsi nous aurons, par exemple, $\overset{k}{\mathrm{D}}(p^n)/\mathrm{D}p=n^k p^{n-1}$.

Si nous posons $[\alpha, n^k]=\alpha(\alpha+1)(\alpha+2^k)\ldots[\alpha+(n-1)^k]$, la fonction

$$y=\sum_{n=0}^{n=\infty}\frac{[\alpha_1, n^k]\ldots[\alpha r, n^k]}{[\beta_1, n^k]\ldots[\beta_s, n^k]}\,\frac{x^n}{[1, n^k]}$$

---

(1) Nous supposons ici les variables u_i toutes distinctes; le cas de variables non distinctes est aussi à envisager.

vérifie l'équation

$$\prod_1^r \left\{ \alpha_i + \left(x \frac{\check{D}}{Dx} \right) \right\} y - \prod_1^s \left\{ \beta_j + \left(x \frac{\check{D}}{Dx} \right) \right\} \frac{\check{D}y}{Dx} = 0.$$

Diverses extensions, notamment à des fonctions de plusieurs variables, sont immédiates.

Nous développerons ces diverses questions dans un Mémoire ultérieur.

STATISTIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'erreur de la seconde catégorie dans le problème de M. Student.* Note (1) de M. **Stanislaw Kolodziejczyk**, présentée par M. Émile Borel.

Le problème de M. Student (2) consiste dans la vérification de l'hypothèse statistique H_0, admettant que l'espérance mathématique a d'une variable accidentelle x, dont on a observé les valeurs $x_1, x_2, \ldots, x_n$, est égale à un nombre donné a_0. En ce qui concerne la variable x, on suppose qu'elle obéit à la loi de Gauss

(1) $$p(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-a)^2}{2\sigma^2}},$$

le paramètre σ étant inconnu et non spécifié par l'hypothèse H_0. Désignons par $\bar{x}$ la moyenne arithmétique des valeurs observées de x et par s l'écart moyen quadratique de ces nombres, ainsi que

$$s^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} (x_i - \bar{x})^2.$$

La méthode de vérification de l'hypothèse H_0, lorsque l'on sait par exemple que $a \geq a_0$, proposée par M. Student, consiste dans la règle suivante :

1° Rejeter l'hypothèse H_0 lorsque

(2) $$x = \frac{\bar{x} - a_0}{s}$$

(1) Séance du 2 octobre 1933.

(2) Student, *The Probable Error of a Mean* (*Biometrika*, 6, 1908, p. 1-25).

est assez grand, par exemple lorsque $z > z_0$, z_0 étant un nombre fixé d'avance;

2° Accepter l'hypothèse H_0 lorsque $z \leqq z_0$.

La propriété importante de cette méthode consiste dans le fait que, dans les cas où l'hypothèse H_0 est juste, la probabilité $P\{z > z_0\}$ pour qu'on ait $z > z_0$ ne dépend pas du paramètre inconnu σ. En conséquence, si l'on fixe la constante z_0 de manière que $P\{z > z_0\} = \varepsilon$, ε étant arbitrairement petit, on est sûr que la probabilité de commettre une erreur de la première catégorie [1] qui consiste dans la rejection injuste de H_0, ne surpasse pas ε. En ce qui concerne la probabilité de l'erreur de la seconde catégorie, qui consiste dans l'admission de l'hypothèse H_0 lorsque en vérité l'espérance mathématique de x est égale $a = a_1 > a_0$, c'est-à-dire lorsque c'est une hypothèse alternative, H_1, qui est juste, il a été établi [2] que si l'on vérifie l'hypothèse H_0 par la méthode de M. Student, elle est plus petite qu'en cas où cette hypothèse est vérifiée par n'importe quelle autre méthode assurant le même degré de sûreté envers les erreurs de première catégorie.

La probabilité pour qu'on accepte H_0 comme résultat de vérification de cette hypothèse par la méthode de M. Student, en cas où $a = a_1 > a_0$, s'exprime au moyen de l'intégrale

$$(3) \qquad p(\varepsilon, \rho) = \frac{1}{2^{\frac{n-3}{2}} \Gamma\left(\frac{n-1}{2}\right) z_0^{n-1}} \int_0^{\infty} s^{n-2} e^{-\frac{s^2}{2 z_0^2}} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{s-\rho} e^{-\frac{x^2}{2}} dx \, ds,$$

où $\rho = a_1 - a_0/\sigma\sqrt{n}$ et z_0 est la racine de l'équation $P\{z > z_0\} = \varepsilon$. La valeur de cette probabilité étant importante dans les diverses questions pratiques, elle a été calculée au moyen de quadrature pour $\varepsilon = 0,01$ et pour plusieurs valeurs de ρ. Une table construite dans le Laboratoire biométrique de l'Institut de Nencki à Varsovie et dont nous donnons ci-après les premières lignes, représente les résultats de ces calculs.

---

(1) Notion introduite par MM. Neyman et E. S. Pearson. Voir *On the Use and Interprétation of Certain Test Criteria for Purposes of Statistical Inference* (*Biometrika*, **20**, 1928, p. 174-240).

(2) J. Neyman et E. S. Pearson, *On the Problem of the most Efficient Tests of Statistical Hypotheses* (*Phil. Trans. Roy. Soc. London*, Ser. A, **231**, 1933, p. 289-337).

Valeurs de P(ε, ρ).

ν = n − 1.	ρ = 0.	ρ = 1.	ρ = 2.	ρ = 3.	ρ = 4.	ρ = 5.	ρ = 6.	ρ = 7.	ρ = 8.	ρ = 9.	ρ = 10.
1.......	0,9900	0,9729	0,9497	0,9249	0,9000	0,8752	0,8505	0,8250	0,8016	0,7774	0,7534
2.......	0,9900	0,9623	0,9055	0,8201	0,7139	0,5974	0,4805	0,3715	0,2760	0,1971	0,1353
3.......	0,9900	0,9533	0,8610	0,7055	0,5135	0,3285	0,1839	0,0900	0,0385	0,0144	0,0047
4.......	0,9900	0,9464	0,8245	0,6139	0,3730	0,1804	0,0688	0,0206	0,0049	0,0009	0,0001
5.......	0,9900	0,9410	0,7961	0,5469	0,2847	0,1081	0,0295	0,0057	0,0008	0,0001	–
6.......	0,9900	0,9369	0,7741	0,4983	0,2286	0,0712	0,0148	0,0020	0,0002	–	–
7.......	0,9900	0,9336	0,7568	0,4620	0,1914	0,0508	0,0084	0,0009	0,0001	–	–
8.......	0,9900	0,9309	0,7429	0,4342	0,1655	0,0385	0,0053	0,0004	–	–	–
9.......	0,9900	0,9288	0,7317	0,4126	0,1469	0,0307	0,0037	0,0002	–	–	–
10.......	0,9900	0,9270	0,7225	0,3956	0,1331	0,0255	0,0027	0,0001	–	–	–
11.......	0,9900	0,9255	0,7146	0,3814	0,1223	0,0217	0,0021	0,0001	–	–	–
12.......	0,9900	0,9242	0,7080	0,3697	0,1138	0,0190	0,0016	0,0001	–	–	–
13.......	0,9900	0,9230	0,7022	0,3598	0,1068	0,0169	0,0014	0,0001	–	–	–
14.......	0,9900	0,9220	0,6972	0,3514	0,1012	0,0152	0,0011	0,0001	–	–	–
15.......	0,9900	0,9212	0,6928	0,3442	0,0965	0,0139	0,0010	–	–	–	–

Valeurs de ρ qui correspondent à P(ε, ρ) = 0,01.

1....	82,00	4....	7,52	7....	5,91	10....	5,45	13....	5,23
2....	15,22	5....	6,68	8....	5,71	11....	5,36	14....	5,18
3....	9,34	6....	6,21	9....	5,56	12....	5,29	15....	5,14

RELATIVITÉ. — *Sur une hypothèse de Poincaré.* Note (¹) de M. J. Leroux.

J'ai démontré que la transformation de Lorentz peut se ramener à une translation euclidienne, exprimée à l'aide d'un *temps commun*, et complétée par la définition de *temps relatifs*, afférents chacun à un système de référence [2]. La considération simultanée de ces variables établit une liaison entre des théories en apparence différentes. On en trouve un exemple dans l'étude d'une hypothèse de Poincaré.

On sait que Poincaré, pour expliquer le résultat de l'expérience de Michelson, avait suggéré l'hypothèse d'une modification de l'éther dans le voisinage de la matière. En vertu de cette modification les ondes sphériques de la théorie de Lorentz étaient remplacées par des ellipsoïdes de révolution

(¹) Séance du 9 octobre 1920.

(²) *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 394.

allongés. On peut représenter la loi de répartition des vitesses en portant, à partir d'une certaine origine, dans chaque direction, un vecteur figuratif de la vitesse correspondante. Le lieu des extrémités de ces vecteurs dans l'hypothèse de Poincaré est un ellipsoïde de révolution allongé. Si l'on passe, du premier système de référence S, à un autre système S′, déduit du premier par une translation rectiligne et uniforme, les formules de transformations des composantes de la vitesse sont analogues à celles d'un changement d'origine de coordonnées cartésiennes rectangulaires. Il en résulte que l'indicatrice des vitesses dans le système S′ peut être figurée par le même ellipsoïde de Poincaré rapporté à une autre origine. Ainsi, l'ellipsoïde restant fixe, à chaque système de référence correspond une origine spéciale et à chaque origine un système de référence défini.

On peut montrer qu'à chacun de ces systèmes on peut adjoindre une variable t satisfaisant à la condition imposée au *temps d'Einstein;* c'est-à-dire que si l'on calcule les vitesses à l'aide de la variable t, jouant le rôle du temps, les vitesses opposées sont toujours égales.

Désignons par u le temps commun. La loi de Poincaré pour un système S s'exprime par une relation quadratique homogène entre les différentielles du, dx, dy, dz :

$$F(du, dx, dy, dz) = 0. \tag{1}$$

Pour satisfaire à la condition indiquée, il suffit de prendre

$$dt = \alpha \frac{1}{2} \frac{\partial F}{\partial(du)} \qquad (\alpha = \text{const.}). \tag{2}$$

L'équation (1) se ramène à la forme suivante :

$$k\,dt^2 - f(dx, dy, dz) = 0. \tag{3}$$

Le coefficient k désigne une constante et $f(dx, dy, dz)$ une nouvelle forme quadratique ne contenant plus que dx, dy, dz.

Enfin pour que cette forme simplement symétrique soit en outre isotrope il faut que la forme f se ramène, à un facteur près, au ds^2 euclidien. L'équation (3) prend alors la forme

$$c^2 dt^2 - dx^2 - dy^2 - dz^2 = 0. \tag{4}$$

Mais cette condition d'isotropie n'est réalisée que si l'origine qui correspond au système S, dans l'indicatrice de Poincaré, coïncide avec l'un des foyers de l'ellipsoïde. Le nombre des solides de référence jouissant de cette

propriété se réduit donc à deux. La correspondance entre les deux systèmes de coordonnées et les temps relatifs s'exprime alors par les formules de Lorentz.

Inversement nous pouvons passer des formules de Lorentz à l'hypothèse de Poincaré.

Supposons qu'il existe deux systèmes de référence $S(x, y, z, t)$ et $S'(x', y', z', t')$ qui se correspondent par les formules de Lorentz avec conservation de la signification cartésienne des coordonnées de position. En employant les notations indiquées dans ma Note déjà citée, on fait correspondre à la transformation de Lorentz un temps commun u et une translation euclidienne :

$$cu = ct - x \operatorname{tang}\frac{\varphi}{2} = ct' + x' \operatorname{tang}\frac{\varphi}{2}, \tag{5}$$

$$x = x' + cu \operatorname{tang}\varphi. \tag{6}$$

Si la loi des vitesses pour le système S est exprimée par l'équation (4) en fonction du temps relatif t, la même loi, exprimée à l'aide du temps commun u, s'exprime par l'équation transformée

$$\left(c\,du + \operatorname{tang}\frac{\varphi}{2}\,dx\right)^2 - dx^2 - dy^2 - dz^2 = 0. \tag{7}$$

C'est la loi de Poincaré. L'origine relative au système S dans l'indicatrice est un foyer de l'ellipsoïde.

Les résultats déduits de la forme isotrope (4) sont évidemment applicables à la forme (7), pourvu que l'on remplace dans les calculs effectués la variable t par sa valeur tirée des formules (5). Mais il y a identité immédiate, sans substitution dans le cas des *phénomènes stationnaires* d'interférence, de réflexion et de réfraction. Les conditions mathématiques de ces phénomènes sont indépendantes du temps, et leur observation physique ne comporte aucun réglage de chronomètre.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur la détermination rigoureuse des ondes permanentes périodiques d'ampleur finie.* Note de Mme **M. L. Dubreil-Jacotin**, présentée par M. Henri Villat.

Nous nous bornerons dans cette Note au cas de la profondeur infinie. Nous supposons que le mouvement peut être étudié comme mouvement à deux dimensions dans un plan vertical.

On connait depuis longtemps une solution rigoureuse de ce problème, l'onde de Gerstner, donnée en termes finis (¹). M. Levi-Civita, dans un mémoire fondamental (²), a démontré l'existence d'une onde irrotationnelle. Au moyen de la représentation conforme, M. Levi-Civita s'est ramené à la détermination d'une fonction analytique $\theta + i\tau$ dans le cercle de rayon 1 satisfaisant sur le cercle à $d\tau/d\sigma - pe^{-3\tau}\sin\theta = 0$. M. Levi-Civita a résolu ce problème en cherchant la solution sous la forme d'un développement en fonction d'un paramètre petit. Depuis, M. Lichtenstein (³) a exposé une solution de ce dernier problème par approximations successives en se ramenant aux équations intégrales non linéaires.

Je me propose d'indiquer brièvement dans cette Note une méthode qui m'a permis d'établir l'existence d'une infinité d'ondes comprenant comme cas particuliers les deux précédentes. Les démonstrations complètes paraîtront dans un autre Recueil.

Nous étudions le mouvement par rapport à des axes liés à l'onde, l'axe des x étant dans le niveau moyen dirigé en sens inverse de la propagation de l'onde, l'axe des y vertical descendant, l'origine sur la surface libre; nous prenons comme équation de celle-ci $\Psi = 0$, $\Psi =$ const. étant l'équation générale des lignes de courant. Le mouvement est permanent et Ψ est, comme l'on sait (⁴), solution de

$$\Delta\Psi = f(\Psi),$$

où f est arbitraire. Nous mettons la fonction f sous la forme

$$f(\Psi) = -le^{-\frac{4\pi\Psi}{\lambda c}}h(\Psi, l),$$

où l est le paramètre petit dont dépendent les ondes, c la vitesse de propagation, λ la longueur d'onde, et nous démontrons l'existence d'une onde pour toute fonction h assujettie seulement à être bornée dans le domaine $0 \leqq \Psi \leqq +\infty$, $0 \leqq l \leqq R$, à y être continue au sens de Hölder et analytique en l; conditions qui sont satisfaites pour l'onde irrotationnelle et pour l'onde de Gerstner d'ampleur assez petite.

Pour nous ramener à un domaine connu, nous prenons x et Ψ comme

---

(¹) F. von GERSTNER, *Abh. Kgl. Böhm. Ges. d. Wiss.*, 1, 1802, p. 301.

(²) T. LEVI-CIVITA, *Math. Annal.*, 93, 1925, p. 264.

(³) L. LICHTENSTEIN, *Vorlesungen über einige Klassen nichtlinearer Integralgle chungen und Integro-differentialgleichungen*, Berlin, 1931.

(⁴) LAMB, *Hydrodynamics*, Cambridge, 1930, p. 226.

variables, y comme inconnue et nous cherchons y sous la forme

$$y = \frac{\Psi}{c} + v(x, \Psi),$$

où v est petit ainsi que ses dérivées des deux premiers ordres (mais non infiniment petit). Un changement de variables nous ramène à résoudre, dans le cercle de rayon 1, l'équation

$$\Delta v = l\mathrm{H}(\sqrt{x^2+y^2}, l) + \mathrm{F}\left(v, \frac{\partial v}{\partial x}, \ldots, \frac{\partial^2 v}{\partial y^2}, x, y, l\right),$$

où F est du deuxième ordre en l, v et ses dérivées avec, sur le cercle, la condition

$$\frac{\partial v^\star}{\partial n} + p v^\star - \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} \frac{\partial v^\star}{\partial n} d\sigma = \Phi\left(v^\star, \frac{\partial v^\star}{\partial n}, \frac{\partial v^\star}{\partial \sigma}\right)$$

(où Φ est du deuxième ordre en $v^\star$, $\partial v^\star / \partial n$, $\partial v^\star / \partial \sigma$ et où $p = \lambda g / 2\pi c^2$) obtenue en transformant, par la méthode indiquée, la condition exprimant que la pression est constante sur la surface libre. Ce problème se ramène à la recherche simultanée d'une fonction harmonique V et d'une fonction ω liées par les relations suivantes dans lesquelles $\mathrm{U}^\star$ désigne la valeur de $d\mathrm{V}/dn$ sur le cercle.

$$\omega = -\frac{1}{2\pi}\int\int \mathrm{F}'\left(\mathrm{V}, \omega, \ldots, \frac{\partial^2 \mathrm{V}}{\partial \eta^2}, \frac{\partial^2 \omega}{\partial \eta^2}, \xi, \eta, l\right) \log\frac{1}{r}\, d\xi\, d\eta,$$

$$\mathrm{U}^\star - \frac{p}{\pi}\int_0^{2\pi} \mathrm{U}^\star \log\frac{1}{r}\, d\sigma = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} \frac{\partial \omega^\star}{\partial n} d\sigma - \frac{\partial \omega^\star}{\partial n} - p\,\omega^\star + \Phi'\left(\mathrm{V}^\star, \omega^\star, \mathrm{U}^\star, \ldots, \frac{\partial \omega^\star}{\partial s}, s, l\right),$$

où F′ et Φ′ sont du deuxième ordre. Ce dernier problème relève de la théorie de Schmidt. Les majorations nécessaires se font grâce aux théorèmes de Korn relatifs aux potentiels et le problème se traite par une méthode d'approximations successives analogue à celle utilisée par M. Lichtenstein.

En première approximation on trouve p entier. En se limitant à l'onde fondamentale, on pose $p = 1 - \varkappa$, $\varkappa$ étant petit. On est alors dans le cas de ramification, ce qui introduit les deux paramètres

$$r_1 = \int_0^{2\pi} \mathrm{U}^\star \cos s\, ds, \qquad r_2 = \int_0^{2\pi} \mathrm{U}^\star \sin s\, ds.$$

Mais on peut démontrer *a priori* que la solution est nécessairement symétrique et que les deux équations de ramification se réduisent à une. L'onde est alors définie par la valeur d'un paramètre unique $l = r_1 \cos\varphi + r_2 \sin\varphi$,

où φ fixe les axes de symétrie (verticales des creux et des crêtes), et se détermine univoquement (à π près) par la condition à l'origine : $\varphi(0) = 0$. Enfin la discussion de l'équation de ramification montre que $\varkappa$ se détermine univoquement en fonction de l.

AVIATION. — *Sur la possibilité de décollage et d'atterrissage des avions à l'aide d'une fusée.* Note de M. **Gustave André Mokrzycki**, présentée par M. L. Lecornu.

1. *Dispositif.* — Imaginons une fusée placée sur un avion, de telle façon que la réaction dynamique R de la fusée, dirigée verticalement vers le haut, passe par le centre de gravité de l'avion. Pour simplifier le cas, admettons que la fusée donne pendant un temps t une force $R = \text{const.}$ qui s'oppose au poids P de l'avion. Comme il s'agit seulement d'une force, la question du rendement est peu importante. La grandeur de la réaction est

$$R = \frac{Q}{g} c, \tag{1}$$

où Q est le poids d'explosif brûlé durant une seconde, et c la vitesse d'écoulement du gaz. Si nous admettons $c = 1500$ m/sec (on peut même réaliser des vitesses plus grandes) pour obtenir la réaction de grandeur $R_1 = 1^{\text{kg}}$, il faut brûler dans une seconde $q = 1/150^{\text{kg}}$ d'explosif. La réalisation pratique et la sécurité d'emploi d'une fusée à bord d'un avion restent à étudier.

2. *Atterrissage.* — Avec $R < P$, on peut diminuer la vitesse d'atterrissage selon la formule connue :

$$v_a = 4\sqrt{\frac{(P - R)}{S c_{z\max}}} \tag{2}$$

(S surface portante, $c_{z\max}$ coefficient de la portance). Au cas où $R = P$, on peut atterrir verticalement.

Pour fixer les idées, prenons un avion dont le poids soit $P = 900^{\text{kg}}$ et soit 10 secondes la durée de la manœuvre d'atterrissage. Pour créer une force $R = 450^{\text{kg}}$ (ce qui réduit la vitesse 1,4 fois), il faut brûler $Q_e \approx \frac{450.10}{150} \approx 30^{\text{kg}}$ d'explosif, poids tout à fait réalisable.

3. *Décollage.* — Ici il faut réaliser $R > P$. La fusée pousse durant

t secondes l'avion à la hauteur z_1. La réaction brusquement disparue, l'avion va encore monter sur une hauteur z_2, alors sa vitesse selon la verticale devient nulle. En somme la hauteur sera $Z = z_1 + z_2$. La résistance de l'air étant représentée par kv^2, l'équation du mouvement s'écrit

$$\frac{P}{g}\frac{dv}{dt} = R - P - kv^2 \tag{3}$$

[durant la deuxième période il faut poser en (3) $R = 0$].

On peut admettre pour des petites hauteurs $k =$ const. et pour un petit poids de la fusée $P =$ const. En intégrant on trouve alors pour la hauteur de décollage :

$$Z = z_1 + z_2 = \frac{P}{2gk} L \left\{ 1 + \frac{R}{P} \operatorname{sh}^2 \left[t \frac{g}{P} \sqrt{k(R - Q)} \right] \right\}. \tag{4}$$

Si nous négligeons en première approximation la résistance de l'air, nous avons

$$Z \approx \frac{1}{2} g t^2 \left(\frac{R^2 - RP}{P^2} \right). \tag{4a}$$

En posant $R = \alpha P$, (4a) peut s'écrire

$$Z \approx \frac{1}{2} g t^2 \alpha(\alpha - 1). \tag{4b}$$

Prenons le même exemple : un avion du poids $P = 900^{kg}$; soit $R = 2P$, ce qui donne une accélération ascendante égale à g. Admettons $Z = 150^m$. On tire de (4b) : $t \approx 4$ secondes. L'explosif brûlé est

$$Q_e = Rtq = \frac{1800.4}{150} = 48^{kg},$$

poids facilement réalisable.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Propagations très générales indifféremment ondulatoires ou corpusculaires.* Note [1] de M. **A. Buhl.**

Tous les adeptes de la Physique théorique considèrent aujourd'hui que les équations fondamentales de cette science proviennent de l'évanouissement de divergences ordinaires ou généralisées. Je me propose de montrer que la conception de propagations, à la fois ondulatoires et corpusculaires, n'est qu'une transformation, de nature intégrale, de la conception

(1) Séance du 9 octobre 1933.

différentielle précédente. Bien entendu, rien ne permet d'affirmer que les propagations considérées ont toujours une réalité physique. Ce peuvent être de simples schèmes s'adjoignant à l'étude de phénomènes très variés; ces adjonctions virtuelles sont fréquentes en Mécanique ondulatoire.

Soit, aussi simplement que possible, la divergence ordinaire à trois variables

$$F_x + G_y + H_z = 0, \tag{1}$$

avec F, G, H fonctions de x, y, z, u, v, ... et des dérivées partielles, en x, y, z, de u, v, ..., dérivées considérées jusqu'à un ordre quelconque. On crée ainsi, en (1), des types extrêmement généraux d'équations aux dérivées partielles, à une ou plusieurs fonctions inconnues u, v, ... et d'ordre quelconque. Posons maintenant

$$\left\{\begin{aligned} F &= A(P, Q)(P_y Q_z - P_z Q_y), \\ G &= A(P, Q)(P_z Q_x - P_x Q_z), \\ H &= A(P, Q)(P_x Q_y - P_y Q_x) \end{aligned}\right. \tag{2}$$

avec P et Q intégrales distinctes de l'équation

$$F\frac{\partial\theta}{\partial x} + G\frac{\partial\theta}{\partial y} + H\frac{\partial\theta}{\partial z} = 0. \tag{3}$$

D'après (1) et la formule de Green, l'intégrale

$$\int\!\!\int_\sigma \begin{vmatrix} \alpha & \beta & \gamma \\ P_x & P_y & P_z \\ Q_x & Q_y & Q_z \end{vmatrix} A(P, Q)\, d\sigma \tag{4}$$

est invariante pour toutes les cloisons σ en projections canales les unes des autres dans l'espace à canaux défini par les fonctions P et Q. D'autre part nous savons [1] que, dans un tel espace, une propagation, à partir d'une cloison S d'équation $\Phi(X, Y, Z) = 0$, peut correspondre aux fonctions Φ les plus générales, satisfaisant à l'équation

$$\frac{1}{\Theta\sqrt{\Phi_X^2 + \Phi_Y^2 + \Phi_Z^2}} \begin{vmatrix} \Phi_X & \Phi_Y & \Phi_Z \\ P_X & P_Y & P_Z \\ Q_X & Q_Y & Q_Z \end{vmatrix} = \left\{\begin{array}{l} \Delta(X, Y, Z), \\ \Delta_1(\Phi, P, Q), \\ \Delta_1(0, P, Q) \text{ sur S.} \end{array}\right. \tag{5}$$

---

[1] A. Buhl, *Structures analytiques et Théories physiques* (*Mém. des Sc. physiques*, fasc. 22, 1933, p. 52).

Multiplions (5) par $\Gamma(P, Q)$, ce qui modifie, si l'on veut, le facteur densitaire $\Theta(X, Y, Z)$. Alors, dans l'espace à canaux considéré (cf. *loc. cit.*)

$$(6) \qquad \int\int_S \frac{\Theta}{\Gamma} dS = \int\int_\sigma \begin{vmatrix} \alpha & \beta & \gamma \\ P_x & P_y & P_z \\ Q_x & Q_y & Q_z \end{vmatrix} \frac{d\sigma}{\Gamma(P, Q)\Delta_1(o, P, Q)}.$$

Les seconds membres de (4) et (6) sont immédiatement identifiables, par le choix de Γ, ce qui établit les résultats annoncés. L'intégrale (6), en dS, se propage, dans l'espace à canaux, sur des cloisons S non forcément raccordées de canal à canal contigu, d'où l'émiettement corpusculaire pouvant naître du front d'onde et réciproquement.

Comme application particulière mais très importante, prenons

$$F = uv_x - vu_x, \qquad G = uv_y - vu_y, \qquad H = uv_z - vu_z.$$

Alors (1) peut s'écrire, Δ désignant maintenant un laplacien,

$$(7) \qquad \frac{\Delta u}{u} = \frac{\Delta v}{v} = f(x, y, z).$$

On voit que u et v sont deux solutions d'une même équation de Schrödinger.

On peut aussi remplacer (7) par

$$\frac{\partial}{\partial x}(\rho\lambda) + \frac{\partial}{\partial y}(\rho\mu) + \frac{\partial}{\partial z}(\rho\nu) = 0$$

avec

$$\rho = uv, \qquad \lambda, \mu, \nu = \frac{\partial}{\partial(x, y, z)} \log\frac{v}{u},$$

et (3) s'écrit

$$\lambda\frac{\partial\theta}{\partial x} + \mu\frac{\partial\theta}{\partial y} + \nu\frac{\partial\theta}{\partial z} = 0.$$

Ceci donne pour λ, μ, ν des interprétations beaucoup moins étudiées que celles concernant ρ. Une propagation canale correspond au rapport de deux solutions quelconques d'une équation de Schrödinger.

PHYSIQUE INDUSTRIELLE. — *Le dégazage fractionné des eaux chaude et froide dans le procédé Claude-Boucherot.* Note [1] de M. **P. Chambadal**, présentée par M. J. Rey [2].

Parmi les nombreuses objections techniques qui ont été formulées contre les possibilités de réalisation du procédé Claude-Boucherot, et auxquelles l'expérience a apporté des démentis incontestables, figure en premier lieu la difficulté de réaliser un vide poussé au condenseur de la turbine à très basse pression, sans que la puissance absorbée par l'extracteur d'air dépasse les limites acceptables.

Conformément à la loi de Henry, le *facteur de solubilité*, qui est défini par le rapport de la masse d'air contenue dans l'unité de volume de la solution, à la masse d'air contenue dans l'unité de volume du mélange d'air et de vapeur surmontant l'eau, dépend uniquement de la température du système, et est indépendant de la pression partielle de l'air non dissous. En admettant pour les températures des eaux chaude et froide les valeurs respectives de 28° et de 10°, le débit d'eau chaude, ainsi que celui d'eau froide, étant de 10 m³/kW-h, la température régnant au condenseur sera de 13°. Dans ces conditions, les poids d'air dissous dans les eaux chaude et froide sont respectivement de 0,217 et de 0,297 kg/kW-h.

La pression totale du mélange d'air et de vapeur se trouvant au condenseur sera admise égale à 14^{mm} Hg, ou 0,019 kg/cm²; mais la puissance absorbée par l'extraction de l'air sera calculée en supposant que la pression d'aspiration de l'extracteur soit la pression partielle de l'air, laquelle, dans les conditions admises, est de 0,0037 kg/cm². Dans l'hypothèse du dégazage total des eaux chaude et froide, on trouve que la puissance absorbée par la compression isothermique de l'air dissous atteint 6,59 pour 100 de la puissance totale disponible aux bornes de l'alternateur :

$$W = (0,217 + 0,297) \times \frac{29,27 \times 286}{75 \times 3600} \times 0,736 \times \ln \frac{1,0334}{0,0037} = 0,0659 \text{ kg/kW-h}.$$

Bien que l'expérience ait prouvé que le vide au condenseur d'une installation Claude-Boucherot peut être réalisé avec un rendement acceptable

---

(1) Séance du 9 octobre 1933.

(2) L'idée du dégazage fractionné, due à M. Georges Claude, a été indiquée dans ses Notes à l'Académie des Sciences, les 14 novembre 1927 et 23 mai 1932.

(ceci grâce à l'emploi d'un extracteur centrifuge multicellulaire), on a toujours intérêt à examiner si la puissance théorique, calculée ci-dessus, ne pourrait pas être réduite en aspirant l'air non seulement au condenseur, mais aussi à l'amont de celui-ci, c'est-à-dire en un point quelconque de la colonne barométrique qui l'alimente.

Désignons la température absolue et la pression partielle de l'air à la base de la colonne barométrique par T_1 et p_1, le poids d'air dissous à cette pression, dans 1^{kg} d'eau, par a_1, et la pression du dégazage préalable par p. La pression partielle de l'air au condenseur et sa température absolue seront désignées respectivement par p_0 et T_0. En appliquant la loi de Henry, la puissance isothermique absorbée par le dégazage total sera donnée par l'expression :

$$W = k_1(p_1 - p)\ln\frac{p_1}{p} + k_0 p,$$

où

$$k_1 = \frac{a_1}{p_1}RT_1 \qquad \text{et} \qquad k_0 = \frac{a_1}{p_1}RT_0\ln\frac{p_1}{p_0}.$$

En annulant la dérivée dW/dp, on obtient une équation où la seule inconnue est la pression optima p :

$$\ln p - \frac{p_1}{p} = \ln p_1 - 1 - \frac{k_0}{k_1}.$$

On trouve ainsi, pour le dégazage de l'eau froide, W = 0,0162 kW, et, pour celui de l'eau chaude, W = 0,0123 kW. La puissance isothermique totale absorbée dans l'hypothèse d'un seul dégazage préalable des eaux chaude et froide représente donc 2,85 pour 100 de la puissance disponible. La présence du dégazeur préalable abaisse la puissance absorbée de 57 pour 100.

La limite inférieure de la puissance absorbée sera atteinte dans le cas d'un nombre de dégazeurs infini, absorbant chacun une puissance élémentaire donnée par

$$dW = k_1\ln\frac{p_1}{p}\,dp.$$

La puissance isothermique absorbée par le dégazage de chaque colonne barométrique sera donc exprimée par

$$W = k_1\int_{p_0}^{p_1}\ln\frac{p_1}{p}\,dp = k_1\left(p_1 - p_0 - p_0\ln\frac{p_1}{p_0}\right).$$

Pour satisfaire à l'hypothèse du dégazage total, on doit ajouter à cette puissance celle absorbée par l'extraction de l'air restant au condenseur et donnée par $k_0 p_0$ [en négligeant la différence entre les températures T_0 et T_1, la valeur de la puissance totale absorbée serait exprimée par $(p_1 - p_0)k_1$]. En effectuant le calcul, on trouve pour la puissance totale absorbée par le dégazage des eaux chaude et froide la valeur de 1,19 pour 100 de la puissance disponible, ou environ 18 pour 100 de celle correspondant au cas d'une installation fonctionnant sans dégazage préalable.

Les résultats obtenus pour $n = 0$, $n = 1$ et $n = \infty$ (n étant le nombre de dégazeurs préalables) peuvent être exprimés par la formule

$$W = 0,0119 + \frac{0,024}{0,444 + n}.$$

Cette expression montre que le gain de puissance réalisable grâce à l'accroissement du nombre de dégazeurs diminue rapidement lorsque n augmente, de sorte que pratiquement il est peu intéressant de dépasser pour n la valeur de 2.

Observations sur la Communication précédente, par M. **Georges Claude**.

Le procédé d'extraction des gaz dissous en une ou plusieurs fractions vers le niveau supérieur des colonnes barométriques a non seulement pour avantage de réduire la dépense d'énergie nécessaire à cette extraction, mais encore de diminuer dans une mesure énorme le volume de vapeur d'eau qu'entraîneraient ces gaz (soit plusieurs fois leur propre volume) s'ils étaient extraits du condenseur sous une pression absolue voisine de $0^{\text{atm}},01$.

Ce procédé a été appliqué sur ma demande et suivant mes indications dans l'extracteur d'air que j'ai commandé à la Maison Rateau et dont j'ai constaté les excellents résultats dans ma Note du 23 mai 1932.

J'ajoute que c'est cet appareil qui sera utilisé dans l'installation de l'usine Claude-Boucherot sur bateau actuellement en montage (voir ma Note du 4 septembre 1933).

ÉLECTRONIQUE. — *Sur la théorie de la diffusion des électrons de hauts voltages.* Note de M. **Jacques Winter**, présentée par M. Louis de Broglie.

Dans une étude récente ([1]), nous avons donné une méthode de calcul pour évaluer la distribution angulaire des flux électroniques diffusés par un corps perturbateur limité, ayant la symétrie sphérique. Nous avons appliqué cette méthode au cas des électrons très rapides : nous avons supposé le produit kr (k quantité de mouvement des électrons incidents, r rayon de l'atome diffuseur) assez grand pour que nous puissions appliquer les formules asymptotiques pour les fonctions de Bessel et les fonctions R qui représentent l'onde réfractée dans le corps diffuseur ([2]). Pour les indices $n < \sqrt{kr}$, les formules asymptotiques usuelles sont valables, et l'on a pour les déphasages

$$\delta_n = \frac{z}{ka}\left\{\log 2kr - \frac{\Gamma'(n+1)}{\Gamma(n+1)}\right\} \tag{1}$$

(a rayon de la première orbite de Bohr).

Pour $n > \sqrt{kr}$, il faut employer d'autres formules asymptotiques, obtenues par la méthode de col. On trouve pour $\sqrt{kr} < n < kr$:

$$\delta_n = \frac{z}{ka}\log\frac{1+\sqrt{1-\xi^2}}{\xi} \qquad \text{avec} \qquad \xi = \frac{n}{kr}$$

et pour $n > kr$, on trouve $\delta_n = 0$.

Si l'on porte ces valeurs dans l'expression rigoureuse du flux diffusé, on trouve (avec les unités de Hartree), si l'on admet que k est assez grand pour que l'on puisse assimiler $(\sin\delta_n - \delta_{n'})$ avec $(\delta_n - \delta_{n'})$ pour tous les n et n' :

$$\Phi_{\theta_1}^{\theta_2} = \frac{4\pi z^2}{k^4}\int_{\theta_1}^{\theta_2}\left[\sum_{n=0}^{kr}(2n+1)\,\delta'_n\,P_n(\cos\theta)\right]^2 \sin\theta\, d\theta$$

(z nombre atomique, on calcule le flux diffusé entre des cônes dont le sommet est au centre de l'atome diffuseur, l'axe suivant la direction de

---

(1) *Journal de Physique*, VII, 4, juin 1933, p. 316, et *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1299.

(2) Le corps diffuseur sera représenté par un champ coulombien z/r, que l'on supposera s'arrêter brusquement sur la sphère $r = a$, par suite de l'influence des charges périphériques de l'atome.

propagation des électrons, et les angles au sommet $2\theta_1$ et $2\theta_2$). On a supposé $r = a$ et $\delta_n = (z/ka)\,\delta'_n$.

On démontre par application de la transformation d'Abel, et en utilisant la formule de Heine ([1]) pour le développement en polynomes de Legendre de fonctions de la forme $1/t - z$,

$$\frac{1}{t-z} = \sum_{n=0}^{\infty} (2n+1)\,\mathrm{P}_n(z)\,\mathrm{Q}_n(t)$$

[$\mathrm{Q}_n(t)$ est la $n^{\text{ième}}$ fonction de Legendre de deuxième espèce], que

$$\sum_{n=0}^{\infty} (2n+1)\,\delta'_n\,\mathrm{P}_n(\cos\theta) = \frac{2}{1-\cos\theta}$$

pour toutes valeurs de θ différentes de o et π. Cette égalité est valable asymptotiquement pour les grandes valeurs de kr.

Conclusion. — Nous retrouvons donc, pour les grandes valeurs de kr, la formule de la méthode de Born. Elle est valable asymptotiquement et sera d'autant plus exacte : 1° qu'on pourra appliquer la formule (1) à un plus grand nombre d'indices n; 2° que l'erreur due à l'application de la formule (1) pour un indice n déterminé sera plus petite.

Si l'on avait posé $r = ca$, c constante quelconque, la forme limite du flux diffusé eût été la même.

SPECTROSCOPIE. — *Étude des spectres d'absorption de dérivés benzéniques vers 1µ,0 à l'aide d'un spectromètre enregistreur.* Note de MM. **R. Freymann** et **A. Naherniac**, présentée par M. A. Cotton.

La présente étude a été faite à l'aide d'un spectromètre pour la région 0µ,8-1µ,2 décrit par l'un de nous ([2]), spectromètre auquel nous avons adapté un dispositif enregistreur utilisant le principe employé par M. J. Lecomte ([3]).

Rappelons que ce spectromètre utilise comme récepteur une cellule photorésistante à l'oxysulfure de thallium, en liaison avec un amplificateur à triodes et un galvanomètre; le système dispersif est un réseau (mobile par rapport à un cercle divisé).

([1]) La formule de Heine n'est pas valable pour $t = 1$, mais en lui appliquant la transformation d'Abel, on peut l'étendre à ce cas.

([2]) R. Freymann, *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 656, et *Ann. Phys.*, 20, 1933, p. 243.

([3]) J. Lecomte, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1011.

L'enregistrement s'effectue grâce à un système de trois miroirs permettant d'obtenir le déplacement simultané suivant deux directions perpendiculaires d'un spot lumineux sur un papier photographique vertical et fixe ([1]). L'appareil permet donc de tracer sur ce papier la courbe transmission (ordonnée) longueur d'onde (abscisse); il est étalonné à l'aide de la raie 10140 Å du mercure en appliquant les formules des réseaux.

L'enregistreur ainsi réalisé permet des mesures beaucoup plus commodes et plus rapides que le dispositif non automatique; par ailleurs, on peut déceler dans le spectre des détails qui autrement échapperaient aux investigations.

C'est ainsi que nous avons remarqué dans le spectre du benzène à l'état liquide sous 5^{cm} d'épaisseur une bande faible vers $1^{\mu},0$ qui n'avait pas encore été signalée et qui présente une structure complexe; en étudiant le benzène sous de plus grandes épaisseurs (20^{cm}, 30 et 70^{cm}) nous avons pu étudier la structure de cette bande et mesurer les composantes indiquées dans le tableau I; on y a également noté les bandes semblables observées pour divers dérivés du benzène.

TABLEAU I.

C^6H^6	9347 ?	9425 ?	9523 f	9569 f	9653	9731 s	9783 i	9881 s
	9932 i	10055 s	10123 s	**10220**	10270 s	10373 i	10432 s	**10593**
	10756 f							
C^6H^5I	9366 ?	9471 ?	9614 ?	9731 f	9796	9867	9959	10147 s
	10189	10276 ?	10432 f	**10542**	10574 s			
C^6H^5Br	9445 ?	9560 f	9698 ?	9786 f	9848 f	9939 f	10122 s	**10160**
	10189	10282 ?	10347	**10520**	10825 ?			
C^6H^5Cl	9340 ?	9445 ?	9569 f	9595 ?	9770 f	9829 f	9930	10086 s
	10139	10256 f	10360 ?	10386 ?	**10503**			
$C^6H^5NO^2$	9601	9718 ?	9757	9874 f	**10067**	10141 s	10237 f	**10419**
$C^6H^5CH^3$	9320 f	9640 ?	9783 f	9835 ?	9997	10116 s	**10171**	10263 s
	10458 f	**10626**						

i = bande intense; s = bande satellite; f = bande faible; ? = bande très faible.
Les bandes très intenses sont en chiffres gras.

De ces mesures nous tirons deux conclusions :

I. Le spectre d'absorption proche infrarouge du benzène semble présenter un double aspect :

1° Des bandes *très intenses* (CH =) à $0^{\mu},87$ et $1^{\mu},14$ environ, étudiées antérieurement ([2]), semblent correspondre aux bandes, vers $0^{\mu},9$ et $1^{\mu},2$ des

([1]) J. LECOMTE, *loc. cit.*
([2]) R. FREYMANN, *loc. cit.*

carbures saturés, mais sont *déplacées* par rapport à elles du fait de *l'existence des doubles liaisons* dans la molécule (1); notons également les bandes de $1^{\mu},09$ et $1^{\mu},11$ (C = C que l'on retrouve dans $Cl^2C = CCl^2$);

2° Une bande *faible* à $1^{\mu},0$ du benzène est analogue à la bande intense de $1^{\mu},0$ des composés saturés comme le montre la comparaison des tableaux I et II; cette bande ne peut être attribuée ni à C — C ni à C = C (car elle n'apparaît ni pour $Cl^3C — CCl^3$ ni pour $Cl^2C = C — Cl^2$), mais à la liaison entre C et H.

TABLEAU II.

$CHCl^3$	9887?	**10160**	10354?	10600 s	**10665**	11051 f	
CH^2Cl^2	9595 f	9666 f	9705 s	9855?	9894	9994	10036 f
	10104 f	10160 s	**10213**	10295 s	10439 s	**10497**	10587?
	10632	10762	10909 f				
CH^3OH	9790?	9913?	10010?	**10073**	10153 s	10237 s	10425 s
	10497 s	**10697**					
C^6H^{12}	9974 f	10076 f	10172 f	10196 f	10306 s	**10347**	10386 s
	10452 s	10581	10665 f	10776 f	10851?	**10966**	11114?

Ces observations dans le proche infrarouge du spectre du benzène sont à rapprocher de celle d'une bande faible vers $3^{\mu},4$ par B. Barnes (1), et de l'existence d'une raie Raman à 2947 cm^{-1} signalée par divers auteurs [Kohlrausch (2); Bourguel (3), qui croyait à la possibilité de l'existence de deux benzènes].

II. Dans une publication antérieure (4) l'un de nous a montré que l'introduction de groupements électronégatifs amène un déplacement des bandes de $0^{\mu},87$ et $1^{\mu},14$ vers les courtes longueurs d'onde; le tableau I montre que ces observations sont confirmées par l'étude de la bande faible de $1^{\mu},0$ pour les groupements étudiés I, Br, Cl, NO^2 (longueurs d'onde en chiffres gras). Le spectre infrarouge du benzène et de ses dérivés sera étudié d'une façon plus détaillée dans un autre Recueil.

OPTIQUE. — *Sur un interféromètre à faisceaux polarisés.*

Note de M. A. **Dufour**, présentée par M. A. Cotton.

Je me suis proposé d'établir un interféromètre appartenant à la classe des interféromètres à deux ondes, à faisceaux interférents superposés et à par-

(1) *Phys. Rev.*, **35**, 1930, p. 1524, et **36**, 1930, p. 296.
(2) *Der Smekal Raman Effekt* (J. Springer, Berlin, 1931).
(3) *Bull. Soc. ch.*, **53**, 1933, p. 502.
(4) R. Freymann, *loc. cit.*

cours inverses, qui permette de mesurer avec quelque précision les faibles retards optiques.

J'ai utilisé à cet effet un principe indiqué par M. A. Cotton [1]. Au lieu de pointer des franges, on s'arrange de façon que la différence de marche à mesurer produise un changement de forme d'une vibration monochromatique qui, de rectiligne, devient plus ou moins elliptique. Mais au lieu de déterminer les paramètres de l'ellipse obtenue pour en déduire la différence de marche cherchée, il m'a paru plus commode de n'utiliser, ainsi qu'on le fait parfois, l'interféromètre que comme appareil de zéro, et de compenser, par un compensateur convenable, la faible différence de marche étudiée. Toutefois l'emploi d'un analyseur à pénombre est indiqué afin de pouvoir s'assurer de l'exactitude de la compensation attendue.

Voici quelques indications sur la constitution de cet appareil. Il ressemble aux interféromètres à deux ondes et à faisceaux inverses superposés, et il comprend comme eux les éléments suivants : collimateur réglé sur l'infini, séparateur pour l'obtention des faisceaux interférents, miroirs plans (ici en nombre pair) et enfin viseur pour l'observation des franges.

Mais, pour tirer tout le bénéfice de l'emploi de lumière polarisée, j'ai introduit dans le montage de cet interféromètre les dispositions suivantes. Tout d'abord le séparateur, au lieu d'être comme d'ordinaire formé d'une simple glace ou d'un double prisme en verre, est constitué par l'ensemble de deux prismes de spath d'Islande identiques entre eux, dont les arêtes sont parallèles à l'axe du cristal, et qui sont accolés l'un à l'autre sur une de leurs faces avec interposition d'un liquide convenable, tout en restant pourtant réglables l'un par rapport à l'autre. En outre, afin de compenser une fois pour toutes l'action retardatrice du séparateur précédent sur les deux faisceaux interférents, une lame épaisse de spath est placée sur le trajet des faisceaux; cette lame, d'épaisseur convenable, a ses faces parallèles à son axe optique, et sa section principale est croisée avec celle du séparateur. Enfin le compensateur à retard variable au gré de l'opérateur et qui permet d'utiliser l'interféromètre comme appareil de zéro, est réalisé ici soit à l'aide d'un condensateur à phénomène de Kerr, soit par un bloc de verre plus ou moins comprimé.

La marche des rayons est la suivante. Le faisceau de rayons monochro-

---

(1) *Comptes rendus*, **152**, 1911, p. 131. Nous avions, M. Cotton et moi, fait déjà en 1914 un essai d'application de ce principe. Voir *Notice sur les travaux scientifiques de M. A. Cotton*, 1923, p. 78.

matique incident issu du collimateur traverse un polariseur, puis pénètre dans le séparateur. Celui-ci est construit de manière que le faisceau ordinaire subisse dans le premier prisme la réflexion totale sur la face d'accolement, tandis que le faisceau extraordinaire traverse en ligne droite le séparateur entier sans y subir de modification sensible. On obtient donc à la sortie du séparateur deux faisceaux de directions différentes et respectivement polarisés dans des plans rectangulaires entre eux. Ces faisceaux cheminent dans l'interféromètre, l'un dans le sens sinistrorsum, l'autre dans le sens dextrorsum, en restant superposés sur tout leurs parcours si un premier réglage est supposé effectué, puis reviennent au séparateur. Ainsi qu'à l'aller, le séparateur laisse passer en ligne droite au retour le faisceau extraordinaire sans le modifier, tandis que le faisceau ordinaire subit la réflexion totale sur la face d'accolement, mais cette fois dans le second prisme. Les deux faisceaux qui sortent définitivement de ce séparateur sont polarisés à angle droit l'un de l'autre, cheminent dans le même sens et peuvent interférer si un second réglage est supposé effectué. Des franges sont alors visibles dans la lunette d'observation si elle est mise au point sur l'infini et si elle est munie d'un analyseur.

Avec l'appareil actuellement réalisé, la précision atteinte ne dépasse pas le 1/40[e] de frange. Cette faible sensibilité résulte des défauts de construction des surfaces optiques utilisées. Il est vraisemblable que cette sensibilité pourrait être accrue notablement en corrigeant les défauts précédents par des retouches locales de construction agissant sur la planéité et le parallélisme des faces, tant du séparateur que de la lame compensatrice. Mais ce qui fait l'intérêt de ce montage, c'est qu'il peut se prêter en outre à l'application d'une méthode particulière de correction fournissant, cette fois à l'observateur même, le moyen d'effectuer des retouches locales approximatives dans la constitution des faisceaux interférents.

EFFET RAMAN. — *Sur l'effet Raman de l'acide nitrique seul ou en solution.* Note de MM. **L. Médard** et **H. Volkringer**, présentée par M. Ch. Fabry.

I. *Acide concentré.* — Le spectre Raman de l'acide nitrique très concentré n'a été étudié jusqu'ici que par Dadieu et Kohlrausch (¹); nous

(¹) Dadieu et Kohlrausch, *Naturwissenschaften*, 19, 1931, p. 690.

avons pris des spectres d'acide aussi concentré que possible (99,8 pour 100) en ayant soin d'opérer sur des échantillons fraîchement préparés, ce qui a donné le spectre suivant :

Raies Raman. λ en Å dans l'air.	Raies Raman. Nombre d'ondes par cm.	Raies excitatrices de l'arc au mercure. Nombre d'ondes par cm.	Fréquences caractéristiques en cm^{-1}.	Intensité et aspect.
4149,5	24099,5	24712,5	613	Faible
4159,9	24039,0	»	673	Moyenne
4203,8	23787,8	»	923	Forte
4270,1	23418,7	»	1293	Forte
4477,3	22334,8	22944,5	610	Assez forte
4490,6	22268,7	»	676	Forte
4540,6	22023,5	»	921	Très forte, large
4567,0	21896,2	»	1048	Très faible
4578,5	21841,2	»	1103	Très faible
4619,2	21648,7	»	1296	Très forte, très large
4671,3	21407,2	»	1537	Faible, étroite
4702,4	21625,6	»	1679	Forte, large

On en tire pour fréquences caractéristiques les valeurs moyennes suivantes, rapprochées de celles de Dadieu et Kohlrausch :

	n_1.	n_2.	n_3.	n_4.	n_5.	n_6.	n_7.	n_8.	
M. V	612	674	922	1048	1103	1295	1537	1679	–
D. K	607	667	916	–	–	1292	–	1665–1687	3420

L'accord est bon pour les fréquences n_1, n_2, n_3 et n_6. Là où nous n'avons pu voir qu'une fréquence large $n_8 = 1679$ environ, Dadieu et Kohlrausch ont indiqué deux fréquences rapprochées (1665 et 1687); ceci s'expliquerait très simplement au cas où le spectrographe de ces auteurs serait plus dispersif que le nôtre, dont la dispersion, autour de 4700 Å est de 26 Å par millimètre; la même supposition permet de comprendre que les fréquences de faible intensité n_4, n_5 et n_7 apparaissent sur nos clichés. Par contre aucun de nos clichés, même obtenu par pose très prolongée et en arrêtant par un verre filtrant dans la lumière excitatrice les radiations de λ supérieures à 4500, ne nous a montré de bande vers 3420 cm^{-1}.

II. *Solutions aqueuses.* — Les fréquences observées varient comme suit :

Concentration en NO^3H pour 100.	n_1.	n_2.	n_3.	n_4.	n_5.	n_6.	n_7.	n_8.
99,8.......	611	674	922	1048	1103	1295	1537	1679
95.........	613	678	923	1048	–	1300	1537	1679
89,8.......	620	681	932	1052	–	1306	v	1676
85,2.......	630	690	943	1055	–	1310	v	1690
64.........	642	693	957	1053	1124	1308	–	1686
52,1.......	657	702	969	1053	1128	1315	–	v
30,2.......	–	718	990	1053	–	–	–	–
24,5.......	–	717	–	1053	–	–	–	–
17,6.......	–	726	–	1053	–	–	–	–
6,3.......	–	v	–	1055	–	–	–	–

Nota. — La lettre v indique que la raie correspondante est visible sur les clichés, mais que son intensité est beaucoup trop faible pour se prêter à une bonne mesure.

Les erreurs accidentelles (estimées à $\pm 5^{cm^{-1}}$) qui peuvent affecter ces valeurs n'empêchent pas de constater que la dilution a pour effet d'augmenter les valeurs des n, la variation atteignant $70^{cm^{-1}}$ pour n_3; l'affirmation de Woodward ([1]), que la dilution agit seulement sur l'intensité des raies mais non sur leur position, n'est donc vraie qu'en première approximation. Les variations d'intensité des raies dans l'intervalle de concentration allant de 0 à 64 pour 100 concordent avec les résultats de Rao ([2]); de 64 à 99,8 pour 100, on constate que n_1, n_2, n_3, n_6, n_7 et n_8 augmentent d'intensité contrairement à n_4 (fréquence inactive de l'ion NO^3), dont l'intensité diminue rapidement; pour n_5, raie très faible ([3]), la variation est difficilement appréciable.

En outre, dans les solutions à moins de 52 pour 100 de NO^3H, la bande de l'eau vers 3400 apparaît; aux concentrations comprises entre 15 et 30 pour 100, cette bande se dédouble nettement comme d'autres auteurs l'ont déjà signalé.

III. *Solutions chloroformiques.* — Les spectres Raman de mélanges d'acide nitrique à 99,8 pour 100 et de $CHCl^3$, renfermant respectivement 85, 74, 48, 30 et 14 pour 100 NO^3H, montrent une simple superposition des spectres de $CHCl^3$ et du NO^3H à 99,8 pour 100; les raies Raman de ce dernier subissent, à mesure que l'acide est de plus en plus dilué par le

(1) *Physikal. Zeitschrift*, **32**, 1931, p. 777.

(2) *Proceedings Roy. Soc.*, **127**, (A), 1930, p. 279.

(3) Cette fréquence n'est pas absolument sûre parce que l'arc à Hg émet une radiation très faible de $\lambda = 4580$ Å environ.

chloroforme, des affaiblissements, mais les rapports des intensités de ces raies semblent rester les mêmes, contrairement à ce qui a lieu dans les solutions aqueuses et conformément à ce qu'on doit attendre de la part d'un solvant chimiquement indifférent comme $CHCl^3$; les valeurs de leurs fréquences caractéristiques semblent augmenter par dilution, mais l'effet est moins important que dans les solutions aqueuses.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Sur la fluorescence des molécules diatomiques d'arsenic.* Note de MM. **P. Swings** et **M. Migeotte**, présentée par M. Ch. Fabry.

La fluorescence de la vapeur d'arsenic a fait l'objet de recherches de A. Terenin, B. Rosen et L. Winand. Terenin (1), par excitation au moyen d'un arc à l'arsenic, a obtenu dans la luminescence, la raie $4p^2(^3P)5s\,^2P_{3/2} \rightarrow 4p^3\,.\,^2D^0_{5/2}$ (λ 2288) de l'atome As. Rosen (2), en excitant la vapeur à haute température au moyen d'un arc à mercure, a trouvé une série de résonance des molécules diatomiques As_2; cette série extrêmement faible est excitée par la raie λ 2536 Hg; elle présente un terme antistokesien et trois termes positifs. Étant donnée la faiblesse du spectre, les mesures de Rosen sont peu précises; elles conduisent à une valeur de la fréquence fondamentale de vibration de l'ordre de $420^{cm^{-1}}$. L'expérience a été reprise par L. Winand (3) qui n'a pu, malgré ses nombreux essais, retrouver le résultat de Rosen; en revanche, Winand, par excitation de la vapeur d'arsenic au moyen d'une décharge sans électrodes, a trouvé un train de bandes dont la fréquence fondamentale de vibration du niveau électronique inférieur est $1945^{cm^{-1}}$. On ne connaît d'ailleurs presque rien du spectre d'absorption de As_2 (4).

Nous avons repris la question de la fluorescence des molécules diatomiques d'arsenic et avons réussi à obtenir quatre séries de résonance excitées par les raies suivantes du mercure (2536,7; 2534,9); (2483,87; 2482,76; 2482,07); (2655,3; 2653,9; 2652,2); (2806,84; 2805,42; 2804,52; 2803,53). La vapeur était portée à une température de 1100 à 1150° C., la pression correspondant à la saturation à 300° C.; pour des températures plus basses, la fluorescence était faible; elle disparaissait d'ailleurs dès que la pression

(1) *Zeits. f. Phys.*, **37**, 1926, p. 98.
(2) *Ibid.*, **43**, 1927, p. 193.
(3) *Bull. Ac. R. Belg.*, Cl. Sc., **18**, 1932, p. 422.
(4) J. N. Lockyer, *Phil. Mag.*, **49**, 1875, p. 320; L. Winand, *loc. cit.*

s'approchait de la pression de saturation à 500° C. L'arc à mercure en quartz avait la forme d'un anneau entourant le tube contenant la vapeur; le courant employé était de 12 à 15 ampères sous 120 volts. La série excitée par λ2536 Hg est composée de doublets d'écartement 1,8 Å, une des composantes étant vraisemblablement due à la raie excitatrice λ2536,7, l'autre à λ2534,9; il y a un terme antistokesien de nombre d'onde moyen 39844 cm^{-1} et trois termes positifs de nombres d'onde moyens 39015, 38610 et 38196 cm^{-1}; cette série est la plus intense du spectre.

Les termes de la série excitée par λ2483 sont composés de trois raies correspondant aux trois composantes de la raie excitatrice; les deux antistokesiens ont comme nombres d'onde du centre de gravité du triplet 41084 et 40682 cm^{-1}; le terme positif a pour nombre d'onde 39868.

La série excitée par λ 2654 est aussi composée de triplets, les nombres d'onde moyens sont : pour le terme antistokesien, 38091 ; pour les 4 termes positifs, respectivement 37300, 36920, 36550 et 36173 cm^{-1}.

La série λ 2804 se compose de 2 termes positifs extrêmement faibles qui n'ont pu être mesurés.

Il y a dans chaque série trop peu de termes pour qu'on puisse déterminer avec quelque précision la correction d'anharmonicité; d'ailleurs on voit aisément que la fréquence fondamentale du niveau électronique normal de la molécule As_2 doit être très voisine de 410 cm^{-1}, ce qui confirme le résultat de Rosen. Il en résulte aussi que le système de bandes observé par L. Winand provient soit de molécules différentes de As_2, soit d'un passage électronique des molécules As_2 d'un niveau électronique excité à un niveau qui n'est pas le niveau fondamental.

Si, à partir de la formule de Morse et de la valeur 410 cm^{-1} de la fréquence fondamentale, nous déterminons la distance r''_e des atomes As dans la molécule As_2 à son état électronique normal, nous trouvons $r''_e = 1,94$ Å; d'ailleurs dans un cristal, la distance minimum de 2 atomes As est 2,51 Å; la distance des atomes As dans la vapeur diatomique est donc 77 pour 100 de la distance minimum des atomes As dans un cristal. Le moment d'inertie calculé pour As_2 est $I'' = 234.10^{-40}$ g.cm^2.

Avec la dispersion employée (10 Å/mm), tous les termes des séries de résonance paraissent simples; ceci indique que l'émission se compose seulement d'une branche Q (par exemple que le passage est du genre ${}^1\pi_b \rightarrow {}^1\Sigma$) ou bien que les raies excitatrices tombent toutes assez près des origines des bandes d'absorption. Si en effet l'émission est composée de doublets P — R ou de triplets P — Q — R, l'écartement des composantes P — R est

donné par

$$\Delta\nu = \frac{h}{2\pi^2 I''}\left(J'' + \frac{1}{2}\right) = 0,472\left(J'' + \frac{1}{2}\right)\text{cm}^{-1},$$

où J'' est le nombre quantique de rotation de la molécule non excitée; pour que cet écartement ne soit pas constaté, il faut que J'' soit relativement faible. J'' est en tout cas certainement nettement inférieur au nombre quantique de rotation J''_0 du plus grand nombre de molécules à la température considérée; ce nombre qu'on calcule aisément est $J''_0 = 64$ et l'écartement $\Delta\nu$ correspondant serait $27\,\text{cm}^{-1}$, c'est-à-dire 1,8 Å; un tel doublet serait aisément observé.

Nous espérons continuer l'étude de ce spectre à dispersion plus élevée en même temps que celle du spectre d'absorption de As_2.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Système physique des éléments.* Note [2] de M. C. G. **Bedreag**, présentée par M. Maurice de Broglie.

Nous avons donné [1] un tableau et un graphique d'ensemble des éléments groupés dans les familles naturelles telles qu'elles étaient relevées par les caractéristiques physiques et chimiques, et notamment par les caractéristiques spectrales connues alors.

Les données expérimentales et spectrales acquises depuis confirment le dispositif d'ensemble que nous avons donné, et font que cette *Systématique naturelle des éléments constitue aujourd'hui un problème nettement résolu.*

Nous redonnons les anciens graphique et tableau, révisés et mis au courant des nouvelles données acquises.

On constate ainsi 19 familles physiques, caractérisées par le paramètre spectral des derniers électrons constitutifs, dont :

2 fam.	s	à	6 élém.	: Fam.	I et II	12 élém.		s
6 »	p	à	5 »	: »	III, IV, V, VI, VII, VIII	30	»	p
4 »	d	à	4 »	: »	IX, X, XI, XII	16	»	d
4 »	d	à	3 »	: »	XIII, XIV, XV, XVI	12	»	d
2 »	s/d	à	3 »	: »	XVII/I, XVIII/II	6	»	s/d
1 »	f	à	14 »	: »	XIX	14	»	f
et les élém. H et He à const. électronique typique						2	»	s
						92 élém.		

(1) Séance du 2 octobre 1933.

(2) *Comptes rendus*, **179**, 1924, p. 766.

Tableau I.

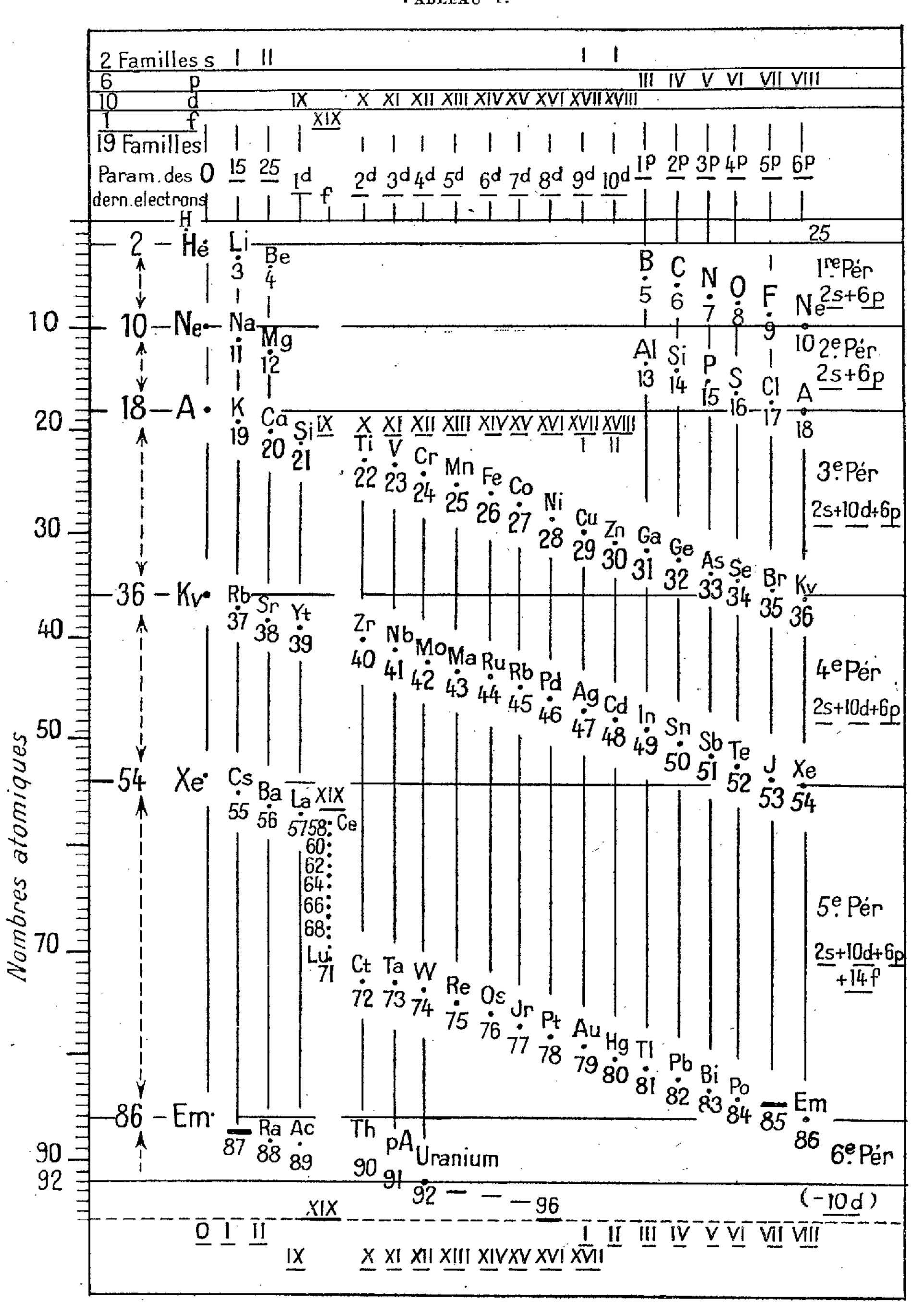

2 Familles s I II
6 p III IV V VI VII VIII
10 d IX X XI XII XIII XIV XV XVI XVII XVIII
1 f XIX
19 Familles
Param. des dern. electrons 0 1s 2s 1d f 2d 3d 4d 5d 6d 7d 8d 9d 10d 1p 2p 3p 4p 5p 6p
H
2 He Li 3 Be 4 B 5 C 6 N 7 O 8 F 9 Ne 10
1re Pér 2s+6p
10 Ne Na 11 Mg 12 Al 13 Si 14 P 15 S 16 Cl 17 A 18
2e Pér 2s+6p
18 A K 19 Ca 20 Sc 21 Ti 22 V 23 Cr 24 Mn 25 Fe 26 Co 27 Ni 28 Cu 29 Zn 30 Ga 31 Ge 32 As 33 Se 34 Br 35 Kr 36
3e Pér 2s+10d+6p
36 Kr Rb 37 Sr 38 Yt 39 Zr 40 Nb 41 Mo 42 Ma 43 Ru 44 Rh 45 Pd 46 Ag 47 Cd 48 In 49 Sn 50 Sb 51 Te 52 J 53 Xe 54
4e Pér 2s+10d+6p
54 Xe Cs 55 Ba 56 La 57 58 Ce 60 62 64 66 68 Lu 71 Ct 72 Ta 73 W 74 Re 75 Os 76 Jr 77 Pt 78 Au 79 Hg 80 Tl 81 Pb 82 Bi 83 Po 84 85 Em 86
5e Pér 2s+10d+6p +14f
86 Em 87 Ra 88 Ac 89 Th 90 pA 91 Uranium 92 96
6e Pér
(-10d)
Nombres atomiques
10 20 30 40 50 70 90 92
0 I II IX XIX X XI XII XIII XIV XV XVI XVII I II III IV V VI VII VIII

Tableau II. — **Système naturel des Éléments.**

2 familles s		Is	IIs										Is	IIs							
6 » p															IIIp	IVp	Vp	VIp	VIIp	VIIIp	
10 » d				IXd		Xd	XId	XIId	XIIId	XIVd	XVd	XVId	XVIId	XVIIId							
1 » f					XIXf																
19 familles	0																				
		H = 1	(He)																		2s
1re période	He 2	Li 3	Be 4												B 5	C 6	N 7	O 8	F 9	Ne 10	2s 6p
2e »	Ne 10	Na 11	Mg 12												Al 13	Si 14	P 15	S 16	Cl 17	A 18	2s 6p
3e »	A 18	K 19	Ca 20	Sc 21		Ti 22	V 23	Cr 24	Mn 25	Fe 26	Ni 27	Co 28	Cu 29	Zn 30	Ga 31	Ge 32	As 33	Se 34	Br 35	Kr 36	2s+10d+6p
4e »	Kr 36	Rb 37	Sr 38	Yt 39		Zr 40	Nb 41	Mo 42	Ma 43	Ru 44	Rh 45	Pd 46	Ag 47	Cd 48	In 49	Sn 50	Sb 51	Te 52	I 53	Xe 54	2s+10d+6p
5e »	Xe 54	Cs 55	Ba 56	La 57	Ce 58 | Lu 71	Ct 72	Ta 73	W 74	Re 75	Os 76	Ir 77	Pt 78	Au 79	Hg 80	Tl 81	Sb 82	Bi 83	Po 84	— 85	Em 86	2s+1d +14f +9d+6p
6e »	Em 86	— 87	Ra 88	Ac 89		Th 90	pA 91	Ur 92	— (93)	— (94)	— (95)	— (96)									(10d)

PHYSICOCHIMIE. — *Étude dilatométrique de quelques verres ternaires silice-soude-glucine.* Note de M. **Édouard Rencker**, présentée par M. Ch. Fabry.

Les matières premières utilisées sont de la soude pure, de la silice précipitée lavée plusieurs fois à chaud par l'acide chlorhydrique et de la glucine d'où toute trace d'alumine a été éliminée par la méthode au carbonate d'ammonium [1].

---

[1] Lebeau, *Annales de Physique et de Chimie*, 7e série, **16**, 1899, p. 460.

Fusion des verres. — D'abord des silicates de soude de diverses compositions sont préparés par dissolution de silice dans une solution concentrée de soude puis évaporation et calcination. Ces produits sont alors mélangés aussi bien que possible à de la glucine. La fusion est réalisée dans le four à vide de Garvin et Chaudron à résistance de graphite. Grâce à cette

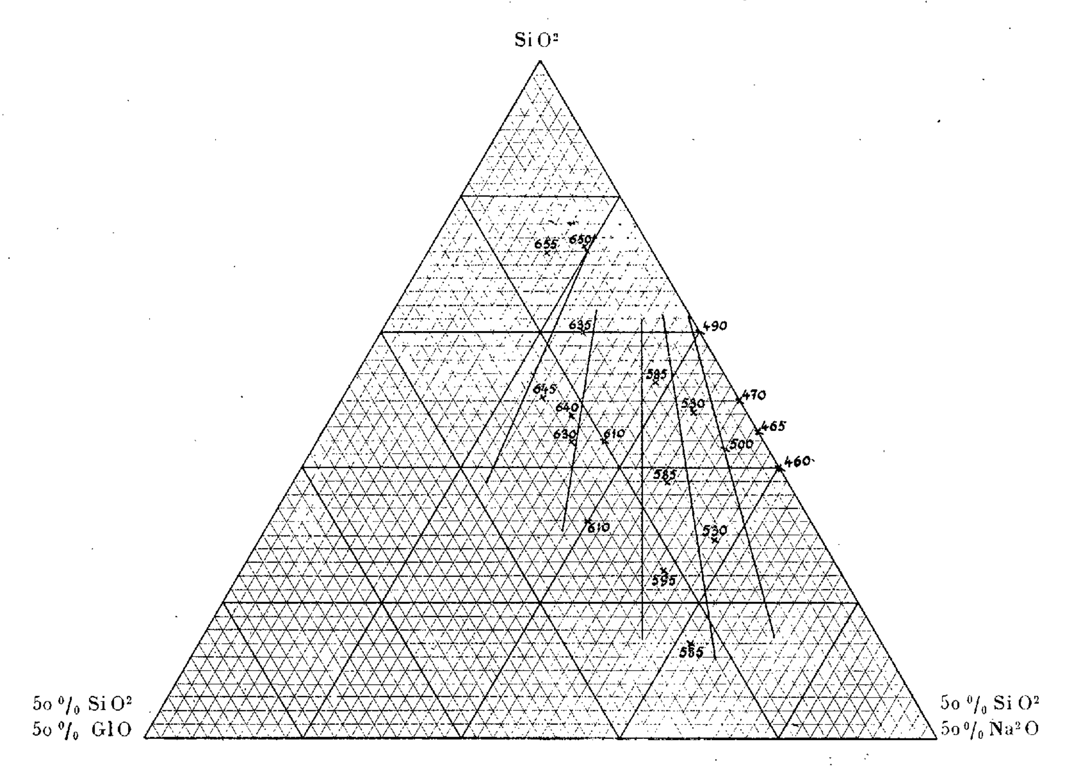


Diagramme 1. — Températures de transformation.
On a tracé les isothermes de 500, 550, 600, 625 et 650°.

méthode, l'affinage est réduit au minimum et l'opération totale de fusion dure environ trois quarts d'heure. Dans un vide de l'ordre de 1^{mm}, on obtient ainsi des verres incolores; en présence d'une faible pression (1^{cm}) d'air ou d'azote, le verre prend une coloration grisâtre. D'abondantes volatilisations se produisent dans le four de sorte qu'il a été nécessaire d'analyser chaque échantillon après fusion.

Méthode analytique. — Silice : Fusion au carbonate de soude, reprise par l'acide chlorhydrique, double évaporation à sec : essai de pureté par l'acide fluorhydrique.

Glucine : Précipitation dans le filtrat par l'ammoniaque.

Soude : Attaque du verre par l'acide fluorhydrique en présence d'acide sulfurique. Séparation de la glucine par précipitation par l'ammoniaque. Calcination à l'état de sulfate.

Les résultats concordent à 1 pour 100 près.

Mesures. — Après avoir été préalablement recuit chacun des verres a été

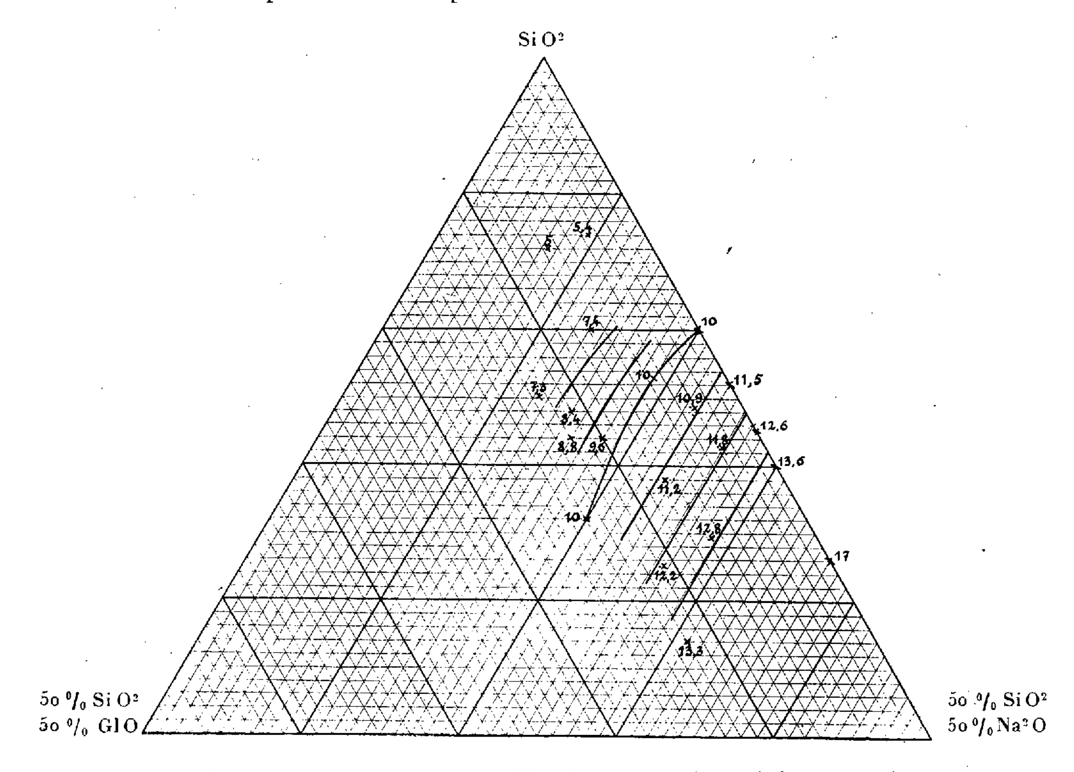


Diagramme 2. — Coefficients de dilatation moyens de 20° à 400°, $\alpha \times 10^6$.
On a tracé les isectases correspondantes à 8, 9, 10, 11, 12, 13 $\times 10^{-6}$.

étudié au dilatomètre Chévenard afin de mesurer son coefficient de dilatation et la température à laquelle ce coefficient augmente brusquement. Au-dessus de ce point de transformation, le verre est assez mou pour s'écraser lentement sous l'action du ressort. La dilatation enregistrée dépend donc de la vitesse d'échauffement et ne peut avoir une signification que comme minimum.

Les résultats des mesures ont été portés sur les diagrammes triangulaires (1) et (2) où l'on a indiqué l'allure des isothermes de transformation et des courbes d'égale dilatation (isectases).

Conclusion. — Le diagramme (1) montre que le remplacement de la

silice ou de la soude par la glucine entraîne une élévation de la température de transformation.

On voit sur le diagramme (2) que le remplacement de la soude par la glucine diminue le coefficient de dilatation alors que celui de la silice par la glucine ne semble pas amener de modification sensible.

CHIMIE ORGANIQUE. — *L'α.α'-diméthylcyclohexanone* trans *de Skita doit être un isomère* cis. Note [1] de MM. **R. Cornubert** et **M. De Demo**, présentée par M. Delépine.

Dans une précédente Note, l'un de nous [2] étudiant l'α.α'-diméthylcyclohexanone (I) obtenue par méthylation de l'α-méthylcyclohexanone par la méthode à l'oxalate d'éthyle, a isolé deux oximes fondant respectivement

```
       CH²— CH²— CH²
        |          |
CH³— CH — CO — CH — CH³
             (I)

           CH²— CH²— CH²
            |          |
CH³— C —— CO — C —— CH³
      |            |
C⁶H⁵— CH —— O — CH — C⁶H⁵
             (II)
```

à 64-65° et à 119°; les quantités relatives de chacune de ces oximes étant très variables, il avait semblé que l'oxime de point de fusion 64-65° devait contenir une petite quantité d'oxime F : 119° et, par suite, la question s'était posée de savoir si l'oxime F : 64-65° ne serait pas l'oxime F : 86° (décrite par Skita comme dérivant d'une cétone *trans*) souillée d'une petite quantité d'oxime F : 119° qui relèverait alors de l'isomère *cis*. De chacune de ces oximes la cétone avait été régénérée; or, chacune de ces cétones a fréquemment fourni simultanément les deux oximes sus-visées, mais ces deux cétones avaient donné la même semicarbazone F : 196-197° et les mêmes combinaisons tétrahydropyroniques (II) F : 175° et 216° (*c*) (on en connaît une troisième F : 206°).

Dans une autre Note, l'un de nous, en collaboration avec M. P. Robinet [3], a établi que ces trois combinaisons tétrahydropyroniques sont bien des corps distincts. De plus, l'un de nous et M. P. Robinet ont montré, dans des essais inédits, que la cétone provenant de l'oxime F : 65° engendrait une

---

(1) Séance du 9 octobre 1933.

(2) R. Cornubert, *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 585.

(3) R. Cornubert et P. Robinet, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1081.

semicarbazone F : 180° [Zelinsky trouvant F : 197° (1)], et que celle issue de l'oxime F : 119° conduisait à une semicarbazone F : 197° (Zelinsky trouvant F : 183°). Le fait d'isoler deux semicarbazones et de voir leurs points de fusion s'inverser par rapport à ceux de Zelinsky, nous a fait penser que les semicarbazones et ces oximes devaient dériver d'une seule cétone (2), la cétone *cis* suivant Baeyer; ce fait serait en accord avec la génération de trois combinaisons tétrahydropyroniques, deux inactives par nature et une racémique, une cétone *trans* ne devant *a priori* pas en donner.

Pour vérifier cette idée, nous avons décidé d'étudier l'$\alpha\alpha'$-diméthylcyclohexanone *trans* de Skita (3) obtenue par lui par oxydation chromique de l'$\alpha\alpha'$-diméthylcyclohexanol engendré lui-même par hydrogénation du vic-*m*-xylénol au platine colloïdal en milieu acide. Skita estimait être en présence d'une cétone *trans* parce que sa réduction tant en milieu alcalin qu'en milieu acide l'a conduit au même alcool (de phényluréthane F : 158°) et parce que la réduction de l'oxime (F : 85°) de cette cétone, tant en milieu alcalin qu'en milieu acide lui a fourni la même amine (caractérisée en particulier par son dérivé acétylé F : 198° et par son dérivé benzoylé F : 197°).

Nous avons naturellement préparé cette cétone par le même procédé. Le vic-*m*-xylénol, hydrogéné au noir de platine en milieu acide, nous a donné un alcool F : 40°,5, de phényluréthane F : 158°, donc identique à l'alcool liquide de Skita. L'oxydation chromique de ce dernier a engendré une cétone ne se combinant pas au bisulfite de sodium (à l'opposé de ce qu'a observé Skita), donnant une oxime F : 79° (au lieu de 86°) et l'oxime F : 119°, et deux semicarbazones F : 183° et 197° (Skita F : 198°) et les deux combinaisons tétrahydropyroniques F : 175° et 216°.

De plus, l'oxime F : 65° préparée par l'un de nous, soumise à une nouvelle purification, a fondu à 79°, et s'est révélée identique à la précédente oxime F : 79°. Enfin l'hydrogénation en milieu alcalin, de l'oxime F : 79°, a fourni une amine, qui doit être cristallisée, et celle-ci a engendré un dérivé acétylé F : 198-199° et un dérivé benzoylé F : 195-196°.

Nous concluons de tout ce qui précède : 1° que notre oxime F : 79° est identique à l'oxime F : 86° de Skita; 2° que l'oxime F : 65° est bien l'oxime F : 79° souillée d'oxime F : 119°; 3° que la cétone dite *trans* de Skita, en

---

(1) *Berichte d. deutsch. chem. Ges.*, 30, 1897, p. 1543.

(2) Par suite l'$\alpha\alpha'$-diméthylcyclohexanone *trans* de Ruzicka, Koolhaas et Wind (*Helv. chim. Acta*, 14, 1931, p. 1163) pourrait bien être l'isomère *cis*.

(3) *Berichte d. deutsch. chem. Ges.*, 56, 1923, p. 2241.

adoptant la théorie de Baeyer et les arguments de Skita, est une cétone *cis* si l'on remarque qu'elle donne deux oximes et deux semicarbazones; 4° que la cétone de Skita est identique à celle déjà étudiée par l'un de nous, et l'on ne connaîtrait encore qu'une $\alpha\alpha'$-diméthylcyclohexanone tandis que nous avons isolé deux et peut-être trois $\alpha\alpha'$-dibenzylcyclohexanones [1]; toutefois, le développement de notre connaissance de ces dibenzylcyclohexanones nous amènera peut-être à modifier les deux dernières de ces conclusions.

On peut évidemment s'étonner de ces divergences entre les résultats de Skita et les nôtres. Nous les expliquons, d'après l'expérience que nous avons de ces choses, par la variabilité de la nature de l'isomère stéréochimique qui se forme dans certaines réactions (oximes et semicarbazones par exemple).

Nous poursuivons ces recherches.

GÉOLOGIE. — *Sur la situation stratigraphique et l'âge probable de la formation détritique* subatlasique *dans le Haut-Atlas de Marrakech.* Note [2] de M. **Jacques Bourcart**.

M. Léon Moret a décrit, sous le nom d'Oligo-miocène, « un complexe caillouteux, débutant le plus souvent par des marnes gréseuses roses ou blanches à gypse; des travertins s'intercalent parfois dans les conglomérats, à la partie supérieure. On l'a comparé à certaines formations analogues de l'Algérie (J. Savornin), attribuées à l'Aquitanien. Ce complexe correspond, en effet, au démantellement de la chaîne par l'érosion torrentielle consécutive aux plissements tertiaires; toutes les roches de l'Atlas s'y rencontrent en galets. Pas de fossiles [3] ».

Ce terrain, que j'ai appelé *subatlasique*, pour éviter de préjuger son âge, occupe trois positions différentes : 1° dans le fonds des synclinaux (synclinal du Bas-Rdat et synclinal de Ouanina-Tahanaout *seulement*); 2° dans l'ouest du Haouz, où il forme un grand cône dont l'axe va d'Amizmiz au Guéliz; 3° dans des ombilics que l'érosion a creusé dans des anticlinaux triasiques (anticlinal des Aït Our'ir, inflexion du Khemis d'Enzel [Oued Rdat]).

---

(1) R. Cornubert et M. De Demo, *Bull. Soc. chim.*, 53, 1933, p. 215.

(2) Séance du 25 septembre 1933.

(3) L. Moret, Carte géologique provisoire de l'Atlas de Marrakech. Notice explicative (*Serv. Mines et Carte géol. du Maroc. Notes et Mémoires*, XIX, 1930).

Les géologues qui m'ont précédé ont observé que ces couches paraissent *plissées* au bord de l'Atlas, ce qui indiquerait une phase *alpine* dans l'orogenèse de la chaîne.

Ce fait m'était toujours opposé lorsque j'insistais sur l'identité pétrographique de cette formation avec les limons roses qui constituent le vaste cône d'épandage, large de plus de 20^{km}, que le Tensift, dans son bas cours, a déposé lorsqu'il est venu butter contre la ride du Djebel Hadid et les dunes chelléennes qui s'y appuient ([1]). J'ai eu récemment l'occasion d'étudier cette formation dans le bas cours de Rdat (à l'est de Marrakech); je crois y trouver de nouvelles raisons d'assimiler ces deux terrains.

La base de la série, qui est extrêmement puissante, est localement formée par des argiles rouges ou par des sables roux avec lentilles d'argile verte; puis, jusqu'au sommet, celle-ci devient très uniforme : limons roses, un peu consolidés avec des lentilles de cailloutis allongées longitudinalement, où les galets ne dépasse jamais la taille du poing.

L'Oued Rdat, descendant de Zerekten par une gorge profonde où, comme dans tous les hauts cours des oueds atlasiques, on ne trouve pas de limons, pénètre dans un premier ombilic entre la Kasbah de Si Madani et Imizer, au confluent de l'Oued Imar'ir'en. Les limons y forment de larges banquettes, dominant le thalweg d'au moins 50 mètres. Celle de rive gauche se prolonge à l'amont jusqu'au Khemis des Tougganas. Pour sortir de cette cuvette, qui est creusée dans les marnes vermeilles, gypsifères et salifères du Trias, l'oued doit franchir, par une étroite gorge, une sorte de verrou formé de dolérites, puis de basaltes prismés, séparés par une récurrence des marnes. Les limons surmontent ce verrou à la façon d'un glacier pour pénétrer dans l'ombilic suivant. Celui-ci est un synclinal de Crétacé, dont les couches de base, marnes rouges et bancs calcaires pendent à 45° vers le nord. A Lhinani, on voit les premières couches de limon reposer *en concordance* sur la dernière barre visible du Crétacé. Il en est de même à l'aval, sur l'autre flanc du synclinal, quand l'oued doit traverser à nouveau la base du Crétacé pour franchir, avant d'atteindre le Haouz, une dernière barre formée par les dolérites du Trias. Le fond de la cuvette est occupé seulement par les limons. Leur surface forme un plateau, ou plutôt un large fond de vallée, dépassant largement celle du Rdat actuel; elle est recouverte d'un reg à très gros éléments (plus de 1/2 m^3) formé surtout de blocs de

---

([1]) JACQUES BOURCART, *Comptes rendus sommaires Soc. géol. de France*, n° 16, 1931, p. 256.

grès de Zerekten, d'andésites, de granites et de calcaires. La cuvette synclinale n'est pas une forme structurale; elle est due à l'érosion. Un peu à l'aval de son centre, en effet, se trouve un petit synclinal perché de calcaires cénomaniens, le Jorf Bounou. Les limons, qui étaient concordants avec les calcaires de la base du Crétacé, *surmontent ce rocher en dessinant un anticlinal*. Il s'agit là, bien entendu d'une simple adaptation du flot boueux à un relief préexistant.

Les limons, qui existent aussi bien dans les ombilics anticlinaux que synclinaux, ne sont donc pas plissés; cette apparence provient d'une simple accommodation au relief antérieur.

Si les limons du Rdat ne sont qu'une partie d'un grand cône de déjection, analogue à celui d'Amizmiz, où se trouve la partie inférieure du cône? Elle est sous le Haouz. En effet, un sondage récent à Msfioua les a traversés sur 247^{m} sans en sortir. Ce sondage donne une idée de l'enfoncement du Haouz le long de l'Atlas. En revanche, de l'autre côté, les Djebilets se terminent par un talus doucement incliné qui, en plusieurs points, est recouvert par des calcaires à *Helix*, identiques à ceux des Rehamma et du Tadla (Chelléen). Ceux-ci existent aussi en un point de la bordure subatlasique : à la Kasbah Ouanina, ils recouvrent l'Éocène en formant deux petites buttes, les seules de la région couvertes d'Euphorbes. Les calcaires disparaissent là, manifestement, sous les limons.

Ces observations nous paraissent donc conduire aux conclusions suivantes : *la formation subatlasique n'est pas plissée, elle a simplement subi l'effet des mouvements qui ont accentué la surrection de l'Atlas et l'enfoncement du Haouz. Elle est plus récente que des calcaires lacustres qui paraissent contemporains des formations « chelléennes » analogues du Tadla ou des lettes interdunaires.*

GÉOLOGIE. — *Sur les conditions de formation des dépôts oolithiques et les mouvements de l'écorce terrestre*. Note [1] de M. **J.-P. Arend**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

Au nord-est du bassin de Briey, entre Esch-Alzette (Luxembourg) et Audun-le-Tiche (France), les dépôts oolithiques sont formés normalement

[1] Séance du 2 octobre 1933.

de 1-20 pour 100 de sédiments marneux et de 99-80 pour 100 de précipités chimiques.

Les sédiments détritiques ont la composition chimique et pétrographique des marnes à posidonies, qui forment le fond et l'encaissement de la cuve toarcienne.

Les sédiments chimiques sont constitués par deux floculats différents : l'un, calcareux, groupant les carbonates alcalino-terreux et l'autre, ferrugineux, associant les granules micellaires des composés d'éléments tri- et polyvalents : Fe, Al, Mn, Si, P, V, As.

Ni la composition chimique des floculats, ni le nombre et la nature des composants du système n'ont varié pendant la durée des temps géologiques où se sont formés, déposés et métamorphosés, les dépôts oolithiques allant jusqu'à 55^m d'épaisseur ([1]).

L'hétérogénéité des couches et l'alternance des bancs sont uniquement dues aux changements des proportions de mélange entre les composants spécifiques du système : marnes, floculat calcareux et floculat ferrugineux.

Le lac toarcien était donc fermé.

Ce fait, en accord avec les relations tectogénétiques du lieu, peut être démontré par les équilibres des eaux ascendantes et hydrothermales qui, aujourd'hui encore, circulent dans les conduites naturelles par lesquelles, jadis, le lac toarcien était alimenté.

Ces eaux, au seul contact de l'air et de la lumière, déposent, en 21 jours, un mélange de floculats ferrugineux et calcareux dont les constituants, exprimés en grammes par mètre cube, figurent sous I dans la figure ci-contre.

Ces équilibres se modifient en présence même de légères suspensions marneuses (II), suivant que celles-ci s'associent aux produits de décomposition organique III ou que ces derniers interviennent seuls en l'absence des marnes IV.

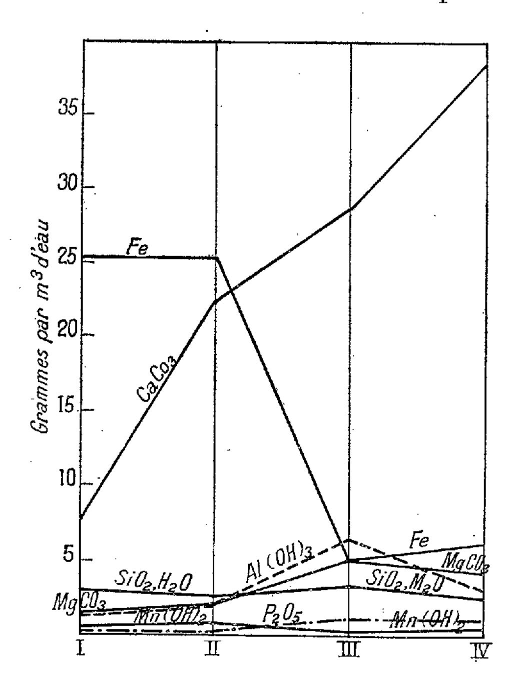
La floculation des dépôts chimiques du bassin de Briey s'est donc opérée suivant des potentiels d'oxydation-réduction optimum et d'arrêt, mettant en jeu, en partie du moins, le problème des différences entre les êtres aérobies et les êtres anaérobies des diverses catégories. Les floculats ferrugineux augmentent avec le pH des eaux mères et inversement les floculats calcareux se déposent avec le pH diminuant.

Aux environs des griffons de l'ancien lac toarcien, où l'effet des eaux fraiches prévalait, le pH des eaux était trop élevé pour que des groupes de

([1]) *Revue de Métallurgie*, 30, 1933, p. 43-53, 142-151, 186-199, 227-237.

protection aient pu se former par dégradation des gros ions. Dans cette corrélation nous constatons partout, où des groupes de protection n'ont pu se former, ou bien l'absence complète d'oolithes ou bien seulement des particules orientées en courbes élégantes que différents auteurs ont appelé « faux oolithes ».

La formation des oolithes est donc conditionnée par une organisation de



couches molaires permettant, par des fluctuations très faibles de concentration, les brusques et grandes variations de la tension superficielle qui habilitent l'oolithe à prendre des caractères toujours semblables et d'évoluer à l'exemple des cellules vivantes. Aussi croissent-ils suivant le même potentiel d'oxydation-réduction qui a déterminé la floculation primaire, à cette différence près qu'il s'exerce dans la phase métamorphique sur des fluides à deux faces, où les granules micellaires se déplacent à la faveur des dépressions osmotiques et se fixent en fonction de l'adsorption dépendant ellemême d'un optimum d'oxydation. Suivant que le pH du système augmente ou diminue, ou bien l'oolithe ou bien la molécule chimique se forme comme terme stable.

Après avoir démontré la constante composition des granules micellaires, nous avons déterminé que seul le tiers des granules ferrugineux est arrivé

à la floculation. De ce chef, la formation des gisements de Briey et de Nancy réclame l'intervention de ± 156 trillions de mètres cubes de sols.

Étant donné que ni la constitution ni la concentration de ces sols n'ont pu se constituer par lessivage, à partir d'ions électrolytes, suivant la loi du produit de solubilité, que, de plus, une accumulation « d'eau chimique » dans l'ordre de grandeur indiqué s'exclut, les eaux des océans seules ont pu intervenir. Elles ont été injectées sous la pression hydrostatique des abysses, par des fractures primaires, vers les foyers internes. Les vapeurs d'eau s'y dissolvaient dans les magmas sous une pression énorme et une température élevée. Le poids spécifique des solutions magmatiques diminuait et la poussée augmentait en conséquence. Uniformément équilibrée sur de grandes distances, cette poussée finissait par soulever les couches dans le sens suivant lequel les eaux ou les vapeurs souterraines se déplaçaient. De grandes quantités de chaleur latente se libéraient dans les plans supérieurs au fur et à mesure que la détente s'accomplissait.

GÉOLOGIE. — *La pyrogénation des schistes bitumineux du Jura franc-comtois.* Note de M. **Jean Barlot**, présentée par M. Matignon.

On a déjà attiré l'attention sur les nombreux gisements de schistes bitumineux du Jura, et il y a lieu de croire que leur importance est considérable. Des affleurements sont connus sur les territoires de plus de cent communes de Franche-Comté [1].

Dans plusieurs cas il est possible de se rendre compte de l'épaisseur des couches, et si l'on peut souvent l'évaluer à 5m environ, il existe aussi des bancs dont la puissance est de presque 50m. Quelques sondages peu profonds donneraient facilement des précisions intéressantes.

La couche de Creveney (Haute-Saône) actuellement exploitée, a 30m d'épaisseur sur une superficie de plus de 1500 hectares; on avait prévu une puissance de 10m.

Tous ces schistes ont une composition assez peu variable, qui est du type moyen suivant :

Matière organique	13 à 27	pour 100
Calcaire	35 à 45	»
Magnésie	0,5 à 2	»
Silice totale	35 à 40	»
Oxyde de fer et alumine	13 à 18	»
Pyrite de fer	1,5 à 3	»

(1) Grosjean et Dosios, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 79.

L'examen micrographique de la roche, et l'étude de la matière organique que l'on peut isoler suivant une technique que nous avons indiquée précédemment [1] ne permettent pas de mettre en évidence de gouttelettes liquides d'huiles minérales. Ce n'est que par action de la chaleur, et seulement à partir de 230°-250° que des hydrocarbures variés prennent naissance.

Il en résulte immédiatement que le rendement en huile brute n'est pas une constante; il varie dans de très larges limites selon la façon dont la pyrogénation est effectuée, au double point de vue de la quantité et de la constitution des produits condensés.

Le rendement optimum est fonction des conditions suivantes que nous avons déterminées expérimentalement :

1° Effectuer la pyrogénation aux environs de 500°;

2° Ne laisser séjourner le schiste dans l'appareil que le temps strictement nécessaire à son épuisement (environ 15 minutes);

3° Évacuer très rapidement et simultanément les hydrocarbures formés, sans les oxyder;

4° Laver à fond les gaz de distillation, très chargés en produits légers.

En observant ces directives, et contrairement à l'opinion généralement admise, on obtient des huiles brutes renfermant environ 40 pour 100 d'essence, et dont une fraction importante distille entre 33° et 90°.

Les chiffres ci-après ont été déterminés sur les produits bruts fabriqués industriellement à Creveney.

En appliquant la même technique à l'étude des principaux gisements du Jura, particulièrement à ceux pour lesquels des analyses avaient déjà été faites, nous arrivons aux conclusions suivantes :

1° La nature des huiles brutes obtenues semble dépendre davantage du traitement employé pour les extraire que de leur origine; en d'autres termes, les divers échantillons examinés donnent des huiles présentant presque les mêmes constantes lorsque les conditions expérimentales sont identiques.

2° Leur teneur en essence (hydrocarbures distillant avant 205°) n'est jamais inférieure à 30 pour 100.

3° Les rendements indiqués par les divers auteurs correspondent à des pyrogénations très défectueuses, et ils doivent être majorés d'environ 50 pour 100.

---

(1) *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1116.

Voici quelques résultats numériques :

Gisements.	Rendements en huile brute par tonne.	Rendements en huile brute par mètre cube.
Morre (Doubs)..........	80 litres	160 litres environ
Lods (Doubs)...........	95 »	190 »
Bolandoz (Doubs).......	70 »	140 »
Revigny (Jura)..........	65 »	130 »

Il apparaît ainsi que les schistes bitumineux du Jura franc-comtois représentent une réserve énorme de combustibles liquides, dont la mise en valeur pourrait avoir une répercussion considérable sur l'économie nationale.

HYDROLOGIE. — *Composante undécennale du Nil et du Soleil.* Note de M. **V. Frolow**, présentée par M. d'Ocagne.

I. L'analyse des séries des cotes des maxima et minima annuels, observées à Rodah, décèle, parmi plusieurs composantes périodiques ([1]), celle de onze ans. Dans le but de la comparer à la composante correspondante des nombres de Wolfer, relatifs aux taches solaires, dégagée par M. et Mme H. Labrouste ([2]), nous avons traité les séries récentes de Rodah (XVIIIe, XIXe et XXe siècles) suivant la même méthode ([3]). Les résultats concernant le XIXe et le XXe siècle sont représentés en vraie grandeur sur la figure.

II. Il apparaît, par la superposition des graphiques correspondants, que depuis 1838 les eaux provenant tant de ruissellement (crue) que de l'apport souterrain (étiage) n'ont pas reproduit en détail la variation undécennale des taches solaires, tout en conservant le même nombre d'ondes. L'allure des graphiques du fleuve est caractérisée par une diminution de l'amplitude et un allongement progressif de la période entre 1838 et 1884 (crue) ou 1887 (étiage), ce phénomène peut être décrit en disant que l'onde undécennale subissait, dans le bassin du Nil, une dispersion et que cette dernière

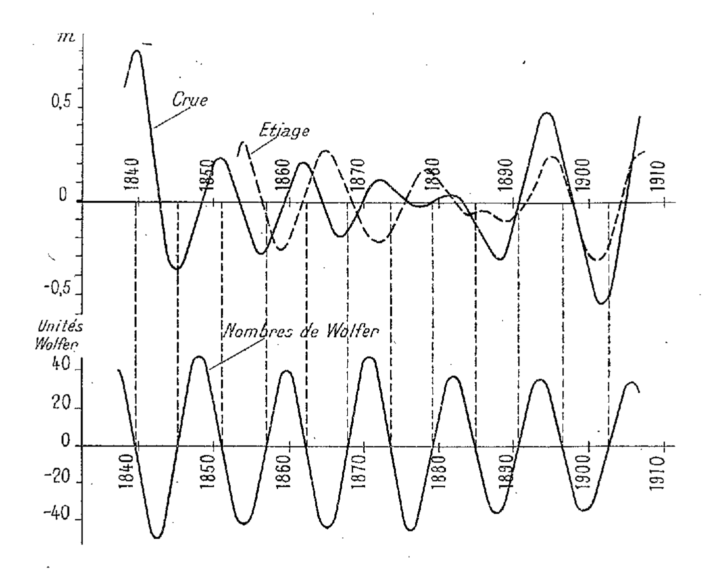
([1]) C. E. P. Brooks, *Memoirs of the R. Met. Soc.*, 2, XII, 1928; *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 671.

([2]) *Composantes périodiques des taches solaires* (*Communication au 66e Congrès des Sociétés savantes*, Toulouse, avril 1933).

([3]) H. Labrouste, *Annales de l'Institut de Physique du Globe*, 7, 1929, p. 190.

était plus accusée pour les étiages que pour les crues. Les capacités (sous-sol, marais, lacs) qui retardent l'écoulement d'une partie des eaux reçues par le bassin du Nil et desquelles dépend le graphique des étiages, ont donc, par rapport à la période undécennale, un pouvoir de dispersion plus fort que l'atmosphère et la surface du bassin versant, desquelles dépend le graphique des crues.

III. Après 1884 a commencé pour les eaux une nouvelle suite d'ondes.



Son début coïncide avec un maximum de la composante de onze ans des taches solaires. La courbe des crues s'est mise en phase avec celle des nombres de Wolfer (minimum de 1888 et le passage par zéro de 1891). Le graphique des étiages est resté en retard, comme il convient en raison de la vitesse plus faible des eaux les alimentant. Une nouvelle durée de dispersion s'annonce ensuite ([1]). La composante undécennale des nombres de Wolfer présente par contre une quasi-stabilité de la période et une faible variation de l'amplitude. Il n'y a donc pas de dépendance étroite entre les taches solaires et l'écoulement fluvial, mais il est possible que l'influence du Soleil devienne particulièrement sensible à certaines époques.

IV. Le tableau suivant donne l'importance relative des composantes undécennales et de leur harmonique de $5^a,5$ par rapport aux amplitudes

([1]) La partie conservée des observations des crues du XVIII[e] siècle présente de même un retard grandissant du fleuve sur le Soleil.

observées pendant les durées pour lesquelles les graphiques ont pu être dégagés.

	Composantes undécennales.		Composantes de 5a,5.		
Désignation.	pour 100.	Intervalle de temps.	pour 100.	Intervalle de temps.	Rapport 11/5,5.
Nil : crues..........	47,0	1745-1786	31,1	1744-1787	1,48
» crues..........	33,7	1838-1907	51,2	1837-1908	0,66
» étiages.........	22,8	1853-1907	27,7	1852-1908	0,82
Seine : crues.........	22,6	1897-1919	23,8	1896-1920	0,95
Nombres de Wolfer...	62,8	1763-1906	27,3	1763-1906	2,30

Il s'ensuit que la valeur relative de la composante undécennale est sensiblement plus grande pour le soleil que pour les deux fleuves étudiés. Ainsi, le régime d'alimentation du Nil, comme celui de la Seine, semble être affecté plus intensément que l'activité du soleil par les périodes rapides.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Influence de l'eau d'imbibition des roches sur leur conductibilité électrique.* Note de Mme **F. Bayard-Duclaux**, présentée par M. Ch. Maurain.

Les mesures de conductibilité électrique des roches ont été poursuivies par la méthode indiquée précédemment [1] : circuit simple en courant continu avec lecture de l'intensité sur un galvanomètre sensible. Les résultats qui suivent mettent clairement en évidence l'influence de l'eau d'imbibition des roches sur leur conductibilité électrique.

1. Une étude générale a été faite sur une série de roches très diverses (divers granites, microgranite, gneiss, protogine, obsidienne, diorite quartzifère, hyalobasalte, phonolite, arbrose, divers grès, divers schistes, calcaire, marne).

Les échantillons étudiés provenaient tous de roches extraites depuis au moins un certain nombre de mois et conservées dans une vitrine. Les premières mesures portent sur ces échantillons, dans cet état que nous appelons normal. Ceux-ci ont été alors pesés, desséchés pendant trois jours au four électrique à 190°, de nouveau pesés et mesurés. L'échantillon sortant du four étant introduit dans un pèse-filtre desséché dans les mêmes

(1) *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1331.

conditions et hermétiquement bouché, on est assuré que la roche n'absorbe pas d'humidité entre sa sortie du four et la mesure. Les échantillons ainsi desséchés ont perdu une quantité d'eau variant entre les 0,2/1000ᵉ et les 15/1000ᵉ de leur poids.

La première série de mesures, portant sur des roches à l'état normal a donné des résultats variables avec chaque roche. Les conductibilités observées sont toutes comprises entre une valeur minima de 5.10^{-11} mho (obsidienne) et une valeur maxima de $2,5.10^{-6}$ mho (schiste).

La deuxième série, portant sur des roches desséchées a donné, pour toutes les roches, une conductibilité pratiquement nulle, c'est-à-dire, dépassant la limite de sensibilité de la méthode (conductibilité toujours inférieure à 8.10^{-12} mho).

Il semble donc que la conductibilité des roches parfaitement desséchées soit nulle et que leur conductibilité, à l'état normal, soit uniquement due à leur eau d'imbibition. Le mécanisme de cette conductibilité est difficile à déceler.

2. La première hypothèse étant que cette conductibilité était une conductibilité électrolytique due à toute l'eau absorbée, j'ai calculé la section d'eau correspondant, pour la longueur de l'échantillon, au volume total d'eau absorbée. Supposant que la conductibilité est due à cette colonne d'eau ainsi définie, j'en ai calculé la résistivité. Les résultats obtenus sont variables suivant les roches, mais si certaines résistivités paraissent normales (6.10^3 ohms-cm) d'autres sont trop fortes (10^7 ohms-cm), car elles indiqueraient de l'eau rigoureusement pure, ce qui est évidemment impossible.

3. J'ai alors étudié le phénomène de plus près. La roche étant desséchée, je l'ai laissée s'hydrater naturellement dans l'atmosphère de la salle et j'ai suivi parallèlement les variations de sa conductibilité et de sa teneur en eau. Ces résultats obtenus se rangent parfaitement sur une courbe qui a les caractéristiques suivantes. La première partie de l'eau absorbée n'exerce qu'une faible influence sur la conductibilité. Ce n'est qu'à partir d'un certain point qu'une très petite augmentation de teneur en eau produit un très fort accroissement de conductibilité.

Soit, par exemple, un prisme de granite pesant 100^g et ayant une conductibilité de 5.10^{-11} mho. Les 10 premiers milligrammes absorbés augmentent sa conductibilité de $1,2\ 10^{-10}$ mho, tandis qu'après qu'il en a absorbé 140 milligrammes, 10 milligrammes de plus augmentent la conductibilité de 1140.10^{-10} mho.

La première partie de l'eau absorbée se combinerait donc à la roche sans donner naissance à des ions mobiles. La deuxième fournirait alors une conductibilité électrolytique.

4. Pour le vérifier, j'ai ensuite verni l'échantillon sur toute sa surface sauf les extrémités de contact au bitume de Judée afin d'éviter les causes d'erreur dues, peut-être, à une conductibilité de surface. J'ai constaté que la quantité d'eau que la roche peut absorber sans que sa conductibilité varie de façon appréciable est trois fois plus grande que précédemment. En effet, dans ces conditions, les deux régions à conductibilité électrolytique situées aux extrémités restent isolées l'une de l'autre par le centre du prisme et n'exercent qu'une faible influence sur la conductibilité globale.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Observations sur la bordure nord du lac Rodolphe.* Note de M. C. **Arambourg** [1].

Le lac Rodolphe s'étend dans un fossé d'effondrement qui prolonge au Nord le *Rift Valley* de Gregory sur une longueur de près de 300^{km} et sur 30 à 40^{km} de large.

Il est actuellement bordé sur sa rive ouest par une plaine d'une dizaine de kilomètres qui le sépare des chaînes volcaniques des monts Lubur, Murueris et Losodok, lesquels s'alignent successivement du Nord au Sud jusqu'à l'embouchure ensablée du Turkwell. Cette plaine se prolonge au Nord par une région basse que traverse le cours inférieur de l'Omo et qui porte les traces d'une extension très récente du lac vers le Nord.

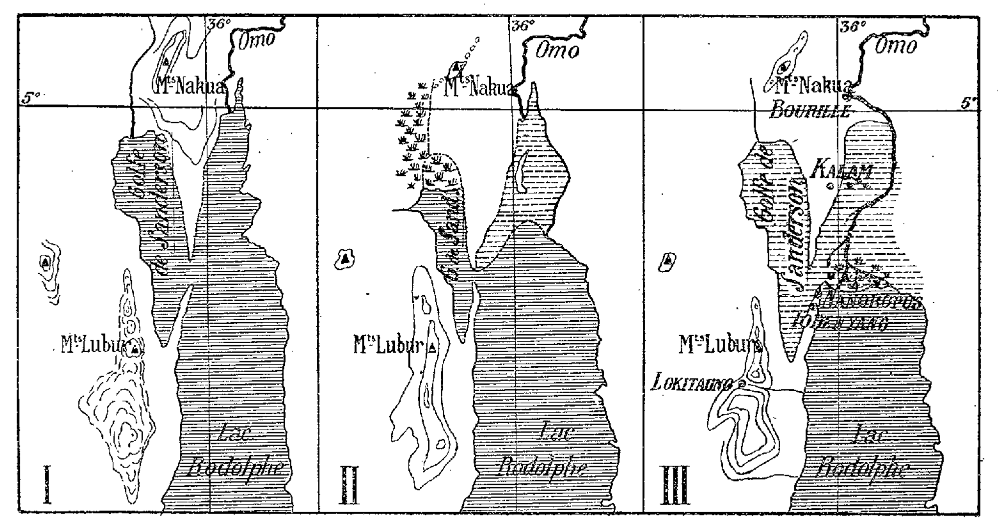
A partir du poste frontière abyssin de Nanoropus qui se trouve situé sur la rive ouest du lac à environ 1^{km} de la pointe nord de celui-ci, une zone de dunes peu élevées sépare à l'Ouest une grande surface absolument plane et dépourvue de végétation qui correspond à l'ancien golfe de Sanderson aujourd'hui complètement desséché. Le sol y est formé d'argile craquelée, assez résistante pour qu'il soit possible d'y passer avec des camions automobiles; la surface en est jonchée d'une infinité de coquilles lacustres : *Spatha*, *Melania*, *Ampullaria*, *Vivipara*, etc., dans un état de fraîcheur comparable à celles que l'on recueille sur les rives mêmes du lac.

L'ancien débouché de ce golfe dans le Rodolphe est aujourd'hui obstrué par le cordon dunaire dont il a été question, mais ses deux limites au Nord

(1) C. Arambourg et R. Jeannel, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1902.

et au Sud, sont encore reconnaissables. Ce sont, d'une part, la plate-forme rocheuse surélevée de quelques mètres au-dessus du niveau du lac, sur laquelle est installé le poste de Nanoropus; d'autre part, à 4^{km} au Nord-Nord-Ouest de ce point, l'extrémité sud d'une ligne de collines courant parallèlement au cours de l'Omo dans une direction NNE-SSW.

La plaine dans laquelle coule l'Omo présente le même aspect et la même constitution que ceux du golfe de Sanderson. Le sol y est formé d'argile desséchée et de sable recouverts à profusion de coquilles lacustres subactuelles. La végétation y est rare et herbacée, sauf au voisinage de



La pointe Nord du lac Rodolphe. I, en 1903-1917. — II, en 1925. — III, en 1933.
(Les parties hachurées en traits interrompus indiquent les zones d'asséchement récent).

l'Omo que borde un épais maquis arbustif coupé de clairières parfois cultivées par les indigènes Marillé. Cette plaine s'étend sur 50^{km} environ au nord de Nanoropus et, dans la direction de l'Est, sur au moins 15^{km} compris dans un grand méandre de l'Omo dont la végétation riveraine masque les vues au delà. Quelques marécages y subsistent encore ainsi que plusieurs anciens bras de l'Omo plus ou moins asséchés. A partir d'une dizaine de kilomètres de son embouchure, le fleuve s'étale en un large delta dont la progression sur le lac est manifeste.

L'asséchement de toute cette région est très récent. Le golfe de Sanderson était, aux dires des indigènes, encore partiellement inondé il y a une dizaine d'années. D'ailleurs la carte anglaise au 1/1000000e du War Office, feuille n° 78, Mongalla (1917), ainsi que la carte internationale

au 1/2000000e, feuille *Abyssinie* 1925, l'indiquent dans cet état. D'autre part, ces mêmes cartes, comparées à nos levés récents (1933), montrent, comme on peut en juger par les croquis ci-dessus, qu'il y a trente ans, le lac Rodolphe s'étendait à une cinquantaine de kilomètres au Nord de ses limites actuelles et qu'il n'a cessé depuis cette époque de reculer progressivement vers le Sud.

Le lac Rodolphe, cuvette sans écoulement, tributaire d'un seul affluent important l'Omo, doit être particulièrement sensible aux influences météorologiques qui s'exercent sur le plateau abyssin. D'autre part, l'assèchement de sa partie nord ne correspond qu'à une variation relativement faible 3 ou 4^m tout au plus du niveau lacustre. Aussi semble-t-il que ce soit à une modification, peut-être temporaire, du régime pluviométrique du bassin du Haut Omo qu'il faille devoir attribuer les changements géographiques que nous avons constatés. C'est là un fait à rapprocher du phénomène assez général de desséchement que l'on observe pour nombre d'autres lacs africains.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur le vacuome des grains de pollen et des tubes polliniques*. Note de M. **Pierre Dangeard**, présentée par M. P.-A. Dangeard.

La démonstration d'un vacuome dans le pollen des Gymnospermes à l'état de maturité est, croyons-nous, la première mention qui ait été faite de la présence dans le pollen des Phanérogames d'éléments rattachables au système vacuolaire ([1]). Le vacuome dans le pollen des Angiospermes est resté par contre à peu près ignoré jusqu'à maintenant, de sorte que la valeur générale des conclusions que nous avions formulées à propos des Gymnospermes a pu être contestée ([2]). Nous avons donc, par de nouvelles recherches poursuivies chez des plantes très diverses, cherché à savoir : 1° si le pollen mûr renfermait toujours un vacuome et sous quelle forme ; 2° si ce vacuome donnait naissance aux vacuoles du tube pollinique, ou si les vacuoles du tube apparaissaient sans aucune liaison avec celles du grain (formation *de novo*).

Pour démontrer la présence d'un vacuome, nous avons utilisé principale-

([1]) Pierre Dangeard, *Comptes rendus*, 176, 1923, p. 915.
([2]) L. Plantefol, *Ann. des Sc. Nat. Bot.*, 15, 1933, p. 261.

ment l'action des colorants vitaux comme le rouge neutre qui se fixent sur des éléments variés de taille et de forme susceptibles de se gonfler par l'eau et de se transformer en vacuoles liquides au moment de la germination du pollen. La coloration par le rouge neutre de corpuscules figurés s'est révélée constante et nous ne ferons pas état de quelques rares exceptions rencontrées où l'absence de coloration vitale n'est sans doute qu'une apparence due aux difficultés d'observation dans le cas d'une exine très épaisse et fortement ornementée. Très rarement (*Agrimonia Eupatoria*) le rouge neutre a précipité à l'intérieur du grain sous forme d'aiguilles allongées, mais cette précipitation a lieu, comme nous avons pu nous en assurer, à l'intérieur de vacuoles préformées.

La coloration vitale dans le pollen est très rapidement réalisée (quelques minutes suffisent); elle débute par une fixation du colorant sur l'exine, suivie du gonflement de l'intine et de l'apparition de vacuoles colorées dans la région cytoplasmique périphérique; puis le colorant pénètre progressivement jusqu'au centre du grain. Cette rapidité exclut généralement la possibilité d'un gonflement important des éléments du vacuome en cours d'observation et c'est dans ces conditions de faible hydratation provoquée que nous avons pu distinguer plusieurs sortes de grains.

Certains pollens renferment normalement de grandes vacuoles liquides (*Calystegia sepium*, *Mirabilis Jalapa*, *Cucurbita maxima*, *Dactylis glomerata*, *Iris pseudo-acorus*), ou bien un ensemble de grandes et de petites vacuoles (*Erica cinerea*); mais la plupart contiennent à l'état de maturité un plus ou moins grand nombre de petites vacuoles le plus souvent rondes.

Enfin, le vacuome peut être dispersé à l'intérieur du grain comme une poussière d'éléments extrêmement ténus (*Ranunculus*, *Aconitum*, *Juncus buffonius*, *Amaryllis vittata*, *Solanum*, etc.).

La réaction du vacuome est le plus souvent alcaline (*Genista anglica*, *Physalis*, sp., *Colutea arborescens*, *Linaria vulgaris*), parfois légèrement acide (*Chlora perfoliata*); plus rarement vacuoles acides et vacuoles alcalines s'observent côte à côte (*Lycium barbarum*). Chez les Liliacées et les Amaryllidées en particulier, où le pollen contient une cellule générative très visible, le vacuome de celle-ci est formé de petites vacuoles réfringentes, ordinairement plus petites que celles de la cellule végétative et pouvant avoir une réaction différente.

Les tubes polliniques obtenus, soit dans l'eau de source, soit dans l'eau sucrée, contiennent souvent à leur intérieur des vacuoles filamenteuses ou des réseaux vacuolaires (*Lobelia Dortmanna*, *Tradescantia virginica*, *Gil-*

lenia trifoliata, *Amaryllis lutea*, etc.). Parfois même le vacuome peut être étiré en filaments et brassé continuellement par des mouvements très actifs (*Allium neapolitanum*) avant toute germination effective et par suite simplement de l'hydratation.

Le tube germinatif à son début ne contient pas d'ordinaire de grandes vacuoles : il est formé de cytoplasme dense et il peut même tout d'abord être dépourvu de vacuome; mais des éléments vacuolaires pénètrent bientôt à son intérieur provenant du grain lui-même et transportés par le cytoplasme. Rien n'indique une formation *de novo* dans le tube et il est d'autant plus facile de s'en assurer que beaucoup de pollens germent parfaitement bien dans une solution faible de rouge neutre, avec leur vacuome coloré vitalement. A mesure que le tube pollinique s'allonge, le protoplasme resté à l'intérieur du grain se vacuolise par gonflement assez rapide des éléments préexistants.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur l'identité de la corynanthéine de Karrer et de l'alcaloïde amorphe extrait par Fourneau du* Pseudocinchona africana. Note de M. **Raymond-Hamet**, transmise par M. Delépine.

En 1929, E. Fourneau a extrait, des écorces du *Pseudocinchona africana* A. Chevalier, deux alcaloïdes nouveaux, le premier qu'il désigna, plus tard, sous le nom de *corynanthine*, le second amorphe qu'il ne crut point devoir nommer. Du premier qui avait été déjà isolé antérieurement par E. Perrot, il a donné une description assez complète. Quant au second, il s'est borné à faire connaître qu'il était soluble dans l'éther et que son chlorhydrate est « très peu soluble dans l'eau (et) inactif sur la lumière polarisée ».

En 1926, P. Karrer et H. Salomon ont découvert, dans certains résidus de la préparation industrielle de la yohimbine, deux alcaloïdes, l'un cristallisé, l'autre amorphe, dont ils ont fait connaître les caractères et qu'ils ont désignés, le premier sous le nom de *pseudo-yohimbine*, le second sous celui de *corynanthéine*.

Enfin, nous avons récemment montré qu'on peut séparer facilement les deux alcaloïdes du *Pseudocinchona africana*, en traitant la solution aqueuse de leurs chlorhydrates par le chloroforme qui dissout seulement celui de l'alcaloïde amorphe. La solubilité dans le chloroforme d'un chlorhydrate d'alcaloïde étant assez rare, nous avons pensé qu'il y avait lieu de rechercher

si le chlorhydrate de l'alcaloïde amorphe du *Pseudocinchona africana* ne serait pas identique au chlorhydrate de corynanthéine qui, d'après Karrer et Salomon, présente lui aussi ce caractère.

Grâce à MM. Karrer et Fourneau, nous avons pu avoir à notre disposition des échantillons originaux de ces deux chlorhydrates et les comparer non seulement entre eux, mais encore avec le chlorhydrate de l'alcaloïde amorphe que nous avons extrait, par notre méthode, d'écorces de *Pseudocinchona africana* que nous a remises M. Perrot. Nous avons constaté, tout d'abord, que le chlorhydrate isolé par nous se présentait sous la forme de petits amas de fines aiguilles parfaitement blanches, que le chlorhydrate extrait par Karrer et Salomon était constitué par de fines aiguilles un peu jaunâtres rassemblées en amas, et qu'enfin le chlorhydrate préparé très anciennement par Fourneau avait l'aspect d'une poudre assez fortement colorée en jaune. Mais ayant recristallisé dans le chloroforme ces deux derniers produits, nous les avons alors obtenus sous la forme d'aiguilles parfaitement semblables à celles de notre chlorhydrate. Le comportement des trois chlorhydrates à l'égard du chloroforme s'est montré tout à fait semblable. Chacun d'eux ne se dissout, même à l'ébullition, que dans une quantité relativement grande de chloroforme, mais, dès que la solution s'est effectuée, on la peut concentrer considérablement sans qu'il s'y produise une cristallisation; ce n'est qu'après un certain temps de repos à la glacière que la solution, claire jusqu'alors, se prend en une bouillie cristalline.

Alors que les chlorhydrates de yohimbine et d'α-yohimbine sont pratiquement insolubles dans le chloroforme, les trois chlorhydrates que nous étudions ici y sont très nettement solubles, même à froid : 100^{mg} de chacun de ces corps se dissolvent, en effet, rapidement dans 5^{cm^3} de chloroforme.

Contrairement aussi aux chlorhydrates de yohimbine et d'α-yohimbine, nos trois chlorhydrates sont, même à froid, très solubles dans l'alcool méthylique à 99°,5 : 100^{mg} de chacun d'eux se dissolvent, en effet, très rapidement dans 5^{cm^3} d'alcool méthylique à 99°,5, mais il suffit d'ajouter de l'éther à l'une ou l'autre de ces solutions alcooliques pour que le chlorhydrate s'en précipite aussitôt.

Chacun des trois chlorhydrates est relativement peu soluble dans l'eau froide mais beaucoup plus soluble dans l'eau bouillante qui, en refroidissant, l'abandonne à l'état cristallisé.

Bien que difficile à préciser, le point de fusion est identique pour nos trois chlorhydrates. Si l'on dépose l'un d'eux sur le bloc Maquenne déjà chauffé

à 170°, on constate que, vers 180°, il commence à jaunir puis à brunir, que vers 185°, il acquiert une consistance pâteuse, que vers 190°, cette pâte devient brillante, enfin que, vers 200°, elle est à la fois brillante et assez fluide. Si l'on élève encore la température, la consistance de cette pâte ne se modifie pas. Si l'on mélange le chlorhydrate de corynanthéine, soit au produit de Fourneau, soit au nôtre, le point de fusion n'est en rien modifié.

La déviation polarimétrique dans l'alcool méthylique à 99°,5 est la même pour le chlorhydrate isolé par nous et pour le produit de Karrer et Salomon. Pour le premier, nous avons en effet, obtenu $[\alpha]_D^{18°} = + 7°,20$; pour le second $[\alpha]_D^{18°} = + 7°,60$. Quant au produit de Fourneau, il nous a offert, après recristallisation, une déviation de $[\alpha]_D^{18°} = - 2°,61$. Nous pensons qu'il est ainsi parce que le mode de préparation adopté par Fourneau ne permet pas d'éliminer complètement, du chlorhydrate de l'alcaloïde amorphe du *Pseudocinchona africana*, le chlorhydrate de l'alcaloïde cristallisé qui l'accompagne dans la plante et qui est, lui, très fortement lévogyre.

Ajoutons que, si l'on alcalinise, par le bicarbonate de sodium, une solution aqueuse de l'un ou l'autre des trois chlorhydrates étudiés, on obtient l'alcaloïde correspondant à l'état amorphe. Malgré tous nos efforts, nous n'avons jamais pu faire cristalliser l'un ou l'autre de ces alcaloïdes. Quant aux réactions colorées des trois produits, elles sont identiques; en particulier, on obtient, avec chacun d'eux, une belle coloration bleue, tant avec le réactif de Fröhde qu'avec le réactif sulfurique de Kiliani (acide sulfurique contenant du sulfate ferrique).

Nous concluons donc à l'identité de l'alcaloïde amorphe de Fourneau et de la corynanthéine de Karrer. Il convient d'ailleurs de noter qu'ayant reçu de nouveaux résidus de fabrication de yohimbine, résidus obtenus dans les mêmes conditions qu'auparavant, Karrer et Salomon n'ont pu y retrouver aucune trace de corynanthéine. On est donc en droit de penser que les premiers résidus étudiés par eux provenaient, non point du *Pausinystalia Johimbe* (K. Schumann) Pierre, qui fournit la yohimbine, mais d'une Rubiacée voisine.

PHYSIQUE AGRICOLE. — *Loi de croissance du blé en fonction des facteurs du climat.* Note de M. **H. Geslin**, présentée par M. Ch. Maurain.

La température et la lumière étant les facteurs de la photosynthèse, la quantité de matière sèche élaborée par une plante est une fonction de ces deux variables; c'est aussi une fonction du temps. Dans les conditions de nos essais, en plein champ, il nous a paru intéressant d'utiliser les *sommes de températures nyctémérales accumulées*, tenant compte à la fois des facteurs temps et température. Quant à la lumière, nous avons considéré, à défaut de mesures précises, la *durée du jour* (durée théorique entre le lever et le coucher du soleil); en hiver la faible intensité du flux lumineux par ciel couvert est compensée, dans une certaine mesure, par une température en général plus élevée que par ciel pur; en été la plante a le plus souvent, à sa disposition, suffisamment de lumière et la durée d'exposition semble prépondérante; notons toutefois qu'un déficit dans la radiation solaire entraîne un déficit de chaleur qui a sa répercussion sur le développement.

Loi d'action des facteurs de croissance. — Soit une série de semis d'une même variété de blé (Vilmorin 23), S_1, S_2, S_3, ... effectués dans les mêmes conditions, *mais à des dates et dans des années différentes.* Chacun d'eux aura accumulé une *même somme de températures nyctémérales* au bout de temps différents, correspondant à des durées moyennes du jour, calculées depuis la date du semis, x_1, x_2, x_3, ... Désignons les poids secs par y_1, y_2, y_3, ... *Un graphique par points, établi* à partir de ces données nous a montré que, dans ces conditions, le poids de matière sèche élaborée y est lié à la durée du jour x, par la formule suivante :

$$\text{Log}_e(A - y) = \text{Log}_e A - cx, \qquad (1)$$

où A est le poids sec maximum vers lequel tend y quand x tend vers l'infini, c est un coefficient numérique.

C'est la *loi d'action des facteurs de croissance* de Mitscherlich dont nos essais fournissent une nouvelle et nette vérification du caractère très général. Pour chaque somme de températures nyctémérales accumulées de 100° en 100° par exemple, il est possible de construire expérimentalement une courbe analogue à la courbe (1). A mesure que ΣT croît, le

rendement maximum A et le coefficient c augmentent régulièrement. On arrive ainsi à une famille de courbes permettant de connaître, en partant uniquement des températures et des durées du jour, et à n'importe quel moment de l'année, le poids sec atteint par une culture. Il s'agit du rendement théorique maximum, c'est-à-dire de celui pouvant être atteint dans la région considérée, dans un sol et pour une fumure donnés. Nous ne nous sommes pas préoccupé ici de l'action de l'eau qui joue le rôle de facteur limitant soit que la plante ne trouve pas dans le sol l'eau qui lui est nécessaire, soit que des pluies trop fréquentes ou se produisant à des périodes critiques du cycle végétatif provoquent des maladies ou des accidents tels que la verse des céréales.

Loi du produit. — Au lieu de considérer des semis ayant accumulé une même somme de températures, on peut les prendre quand ils ont atteint un *même poids sec*. Dans ces conditions, les sommes de températures seront : T_1, T_2, T_3, ..., auxquelles correspondront des durées moyennes du jour J_1, J_2, J_3, ... Soient les produits T_1J_1, T_2J_2, T_3J_3, ... Le produit TJ passe par un minimum. Le même calcul pour des poids secs différents, montre que le *produit minimum correspond toujours à un semis fait à une date bien déterminée : le 1er décembre*. C'est donc pour un semis effectué à cette date que la plante utilise au maximum l'énergie fournei. Nous pensons aussi, de nouveaux essais devront le vérifier, que cette date doit être considérée comme la meilleure pour semer le V. 23 dans la région parisienne. Remarquons d'ailleurs que, pour des semis faits entre le 1er novembre et le 1er février, le produit TJ correspondant à un poids sec donné, est sensiblement constant, les écarts par rapport au minimum étant inférieurs à 6 pour 100. Ces dates sont justement les *limites de la période normale des semis du blé étudié, dans la région*. On arrive ainsi à une véritable loi du produit ([1]) : à un produit donné correspond un poids sec déterminé.

Constante héliothermique. — La loi du produit conduit à la notion d'une *constante héliothermique*, caractérisant chaque variété de blé cultivée, conséquence et application pratique des lois précédentes. En effet, le produit TJ pouvant être calculé pour une période quelconque du développement de la plante, calculons-le pour une série de semis échelonnés, pour les phases semis-épiaison, épiaison-maturité, semis-maturité, les dates de

([1]) Cette loi est à rapprocher de celle établie en physiologie par Sir Jagadis Bose.

ces phases étant faciles à déterminer au champ. Dans chaque cas, ce produit d'abord élevé, diminue, *tend vers une constante pour tous les semis faits au cours d'une certaine période*, augmente ensuite rapidement. Cette période correspond justement à l'époque normale des semis (1er novembre-1er février) définie ci-dessus. On pourrait objecter que, dans la pratique, des semis sont faits en octobre et en février. En général les premiers donnent des rendements en grains inférieurs; les seconds un nombre d'épis au mètre carré, pour une même densité de semis, sensiblement plus faible. Le dépouillement de plus de 400 blés semble confirmer ces résultats, établis avec V. 23, montrant qu'à chaque grand groupe de variétés, blés de printemps ou d'hiver, blés alternatifs, correspondait une constante caractéristique, avec la possibilité de classer chaque variété dans un des groupes.

Conclusions. — La méthode expérimentale nous a conduit à une loi générale de la croissance du blé. La discussion de celle-ci nous a amené en outre à la notion pratique d'une *constante héliothermique*. Si de telles constantes, déjà intéressantes pour un lieu donné, sont valables pour l'ensemble d'une région comme la France par exemple, elles permettront non seulement de fixer les dates extrêmes de semis, mais encore les conditions, voire les possibilités de culture d'une variété donnée dans un lieu déterminé.

PHYSIOLOGIE. — *Les teneurs du sang total en calcium total et l'élimination de cet élément par la voie rénale au cours du scorbut chronique et du scorbut aigu.* Note [1] de Mlle **A. Michaux**, présentée par M. Leclainche.

Les dosages que nous avions faits dans des plasmas prélevés sur des animaux scorbutiques avaient montré que la teneur en calcium de ce milieu n'est pas sensiblement modifiée [2]. Pour Nagayama et Muna Lisa, le calcium urinaire s'élève, puis s'abaisse, et le calcium du sérum ne varie pas [3].

D'autre part, ayant observé récemment que le phosphore total urinaire diminue et que le phosphore du sang total augmente beaucoup au cours du

(1) Séance du 9 octobre 1933.

(2) Mme L. Randoin et Mlle A. Michaux, *C. R. Soc. Biol.*, **100**, 1929, p. 11.

(3) T. Nagayama et T. Muna Lisa, *J. Biochem.* (Japan), **11**, 1929, p. 191.

scorbut chronique et aigu [1], nous avons recherché quelles étaient, dans les mêmes conditions, les quantités de calcium total éliminées par les urines et les teneurs du *sang total* en cet élément.

Des cobayes ont reçu, soit des rations complètes, naturelle, ou artificielles (régime scorbutigène de Mme L. Randoin [2] contenant 4, 4,5 ou 5 pour 100 de lactate de chaux complété par 2 à 3^{cm^3} de jus de citron ordinaire ou décitraté), soit le même régime scorbutigène additionné ou non de $0^{cm^3},5$ de jus de citron décitraté, afin de provoquer le développement des symptômes de scorbut chronique et aigu.

Le calcium du sang a été séparé du magnésium et du fer par le procédé de M. Javillier et D. Djelatidès [3] et titré au permanganate de potassium. Le calcium urinaire a été dosé selon la méthode de Ronchèse. *Pendant les 15 heures qui précédèrent les saignées, les Cobayes ne reçurent que de l'eau.*

Résultats. — 1° Les quantités de calcium urinaire éliminées en 24 heures, dont la moyenne chez les normaux est de $0^g,139$, oscillent entre $0^g,013$ et $0^g,067$ chez les animaux qui ont été soumis aux régimes artificiels complets et qui présentèrent des symptômes de scorbut (probablement à cause de l'activité faible des citrons utilisés). En moyenne, les Cobayes atteints de scorbut chronique ou aigu éliminent $0^g,037$, $0^g,030$ et $0^g,029$ de calcium.

2° Les teneurs en calcium pour 1000^g de *sang total*, dont la moyenne est de $0^g,075$ chez les normaux, varient entre $0^g,043$ et $0^g,186$ chez les Cobayes soumis aux régimes artificiels complets, suivant la gravité des symptômes mentionnés ci-dessus. *Ces teneurs, qui s'élèvent un peu au cours du scorbut chronique (la moyenne étant de* $0^g,095$*), augmentent beaucoup au cours du scorbut aigu où les teneurs moyennes atteignent* $0^g,117$ *et* $0^g,153$. Ce résultat présente un certain intérêt grâce aux données acquises auparavant chez des sujets atteints de scorbut aigu : le calcium du plasma ne varie pas dans le sang total, la teneur en eau s'élève beaucoup et le nombre des hématies s'abaisse considérablement.

---

[1] Mlle A. Michaux, *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1341.
[2] Mme L. Randoin, *Bull. Soc. Chim. biol.*, **5**, 1923, p. 806.
[3] *Ann. des falsif. et des fraudes*, **24**, 1931, p. 133.

Ca total pour 1000$^{cm^3}$ de sang.	Volumes urinaires en 24 heures.	Ca total pour 1000$^{cm^3}$ d'urine.	Élimination en 24 heures.
Cobayes soumis : a. au régime naturel.			
g	cm³	g	g
0,090	109,4	1,715	0,187
0,103	97,7	2,169	0,212
0,041	128,8	0,650	0,084
0,069	54,4	—	—
0,070	61,1	1,217	0,074
b. Au régime scorbutigène (5 pour 100 lactate chaux) + 3$^{cm^3}$ jus citron décitraté.			
0,140 (*)	14,5	2,658	0,039
0,153 (*)	23,5	2,103	0,049
c. Au régime scorbutigène (5 pour 100 lactate chaux) + 2$^{cm^3}$ jus citron.			
0,186 (*)	70,7	0,912	0,067
d. Au régime scorbutigène (4 pour 100 lactate chaux) + 2$^{cm^3}$ jus citron.			
0,043	57,1	0,676	0,039
e. Au régime scorbutigène (4,5 pour 100 lactate chaux) + 3$^{cm^3}$ jus citron.			
0,055	12,5	1,012	0,013
f. Au régime scorbutigène (5 pour 100 lactate chaux) + 0$^{cm^3}$,5 jus citron décitraté.			
0,046	5,9	4,645	0,027
0,104	11,9	5,276	0,063
0,095	7,0	3,213	0,022
0,135 (**)	8,8	3,504	0,031
g. Au régime scorbutigène (5 pour 100 lactate de chaux).			
0,082 (**)	2,5	—	—
0,144 (**)	32,2	1,865	0,060
0,124 (**)	3,5	0,290	0,001
h. Au régime scorbutigène (4 pour 100 lactate de chaux).			
0,169 (**)	35,5	1,964	0,070
0,201 (**)	9,1	0,992	0,009
0,089 (**)	5,3	1,356	0,007

Nota. — (*) Scorbut grave; (**) Symptômes graves de scorbut.

ZOOLOGIE. — *Sur un Infusoire Fœttingéridé parasite des Siphonophores.* Note (¹) de M. **Maurice Rose**, présentée par M. M. Caullery.

Les Siphonophores Diphyidés de la baie d'Alger se montrent assez souvent parasités par un Infusoire qui présente de très curieuses particularités.

On le trouve localisé dans la goutte d'huile logée dans le statocyste du Cœlentéré. A partir de mars surtout, certaines de ces gouttes d'huile sont envahies par des Infusoires qui s'y trouvent totalement enfermés, sans pouvoir en sortir. Tantôt, il n'y a qu'un seul parasite; le plus souvent, on en observe un nombre plus ou moins grand, jusqu'à près d'une soixantaine. Sur le vivant, les Infusoires montrent des stries ciliaires fort saillantes et en nombre variable selon les individus. Chez certains, ces stries présentent une torsion dextre bien visible; chez d'autres, elles sont parfaitement méridiennes. Au centre, le Protozoaire est creusé d'une énorme vacuole. Souvent on observe des individus en division directe. Il n'y a pas de vacuole pulsatile, non plus que de bouche visible. L'excrétion se fait d'une manière très particulière. L'animal émet par toute sa surface des gouttelettes saillantes qui vont crever au dehors en perçant la paroi de la goutte huileuse. Les préparations colorées montrent une couche cytoplasmique autour de la vacuole centrale et le noyau forme un réseau très serré dans cette écorce protoplasmique. De place en place sont de petits blocs chromatiques homogènes isolés. On ne peut interpréter leur signification avant de connaître leur rôle dans la fécondation si elle existe.

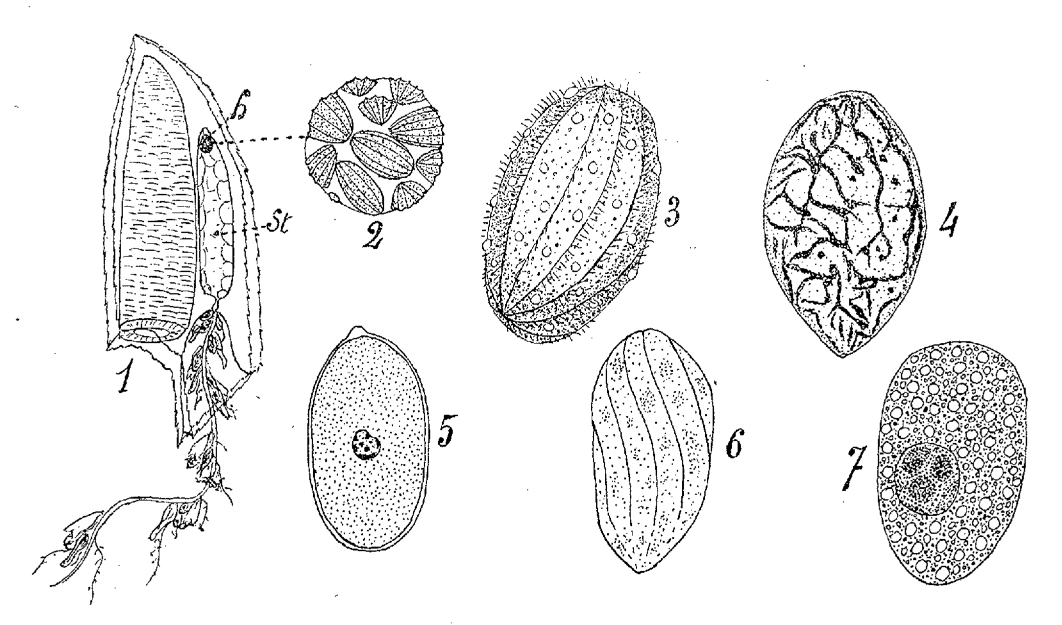
Tous ces caractères font de ces Infusoires des Ciliés Apostomes de la famille des *Fœttingeridæ*.

Évolution. — Le parasite — sous forme d'un kyste ovoïde à paroi épaisse (noyau sphérique petit et peu à près central), fixé à un Copépode pélagique, — est absorbé, avec celui-ci, par le Siphonophore et transporté à travers le stolon jusque dans le statocyste. Ce kyste se gonfle, puis éclot très vite, par dissolution de sa membrane, et donne naissance à un petit Infusoire pourvu de quelques stries ciliaires, de torsion dextre. Celui-ci nage et se met à grossir; une vacuole apparaît dans le noyau, le distend peu à peu en devenant énorme. Puis, le noyau prend la structure réticulée

---

(¹) Séance du 9 octobre 1933.

typique, pendant que l'Infusoire grandit et atteint une taille considérable. C'est à ce moment qu'il s'entoure d'huile. Il se met alors à se diviser activement dans la goutte huileuse; les infusoires fils grandissent et se divisent à leur tour, en gardant leur noyau réticulé. Bientôt la goutte d'huile se trouve envahie par de nombreux parasites, tous de même taille, et nettement plus petits que l'individu primitif. Il arrive un moment où toute la



1. *Galeolaria quadrivalvis*, montrant la goutte d'huile infectée, (h) au sommet du statocyste [(St) (G × 15)]. — 2. Goutte parasitée plus grossie (G = 70). — 3. Un infusoire vu sur le vivant (G = 300, L = 115 μ, l = 60 μ). — 4. Infusoire coloré au carmin boracique, montrant le noyau réticulé (G = 300). — 5. Jeune kyste venant de pénétrer dans le statocyste d'un Siphonophore (Hématoxyline ferrique éosine, G = 700, L = 38 μ, l = 19 μ). — 6. Infusoire éclos du kyste avec ses stries ciliaires en hélices dextres (G = 700, L = 40 μ, l = 18 μ). — 7. Jeune infusoire en voie de croissance dans le statocyste (Carmin boracique, G = 700, L = 45 μ, l = 25 μ).

goutte est remplie d'un magma d'Infusoires à stries ciliaires très saillantes, peu nombreuses. C'est alors qu'il y a expulsion de ce magma par le stolon et par un gastrozoïte.

Dans l'eau de mer, sous le microscope, ces agglomérats expulsent de nombreux granules; les Infusoires se séparent peu à peu. Devenus libres, ils perdent leurs stries ciliaires et se fixent pour se transformer en kystes inertes.

Il est vraisemblable que, dans la nature, ce sont ces kystes, fixés sur un Copépode pélagique qui infecteront d'autres Siphonophores.

OCÉANOGRAPHIE BIOLOGIQUE. — *Sur les relations entre les conditions physiques et la flore des flaques littorales de la côte des Albères.* Note de MM. **Jean Feldmann** et **Adrien Davy de Virville**, présentée par M. Molliard.

Au cours d'un récent séjour au Laboratoire Arago à Banyuls (Pyrénées-Orientales), pendant les mois de juin et de juillet 1933, nous nous sommes proposé d'étudier la flore d'Algues marines fixées dans les cuvettes du littoral des Albères, au bord de la Méditerranée, et de rechercher si elle n'était pas en rapport avec les variations de la température, de la salinité et de l'alcalinité de l'eau de mer qui les baigne.

Pour mesurer la concentration en ions hydrogène de l'eau de mer, nous avons utilisé la méthode colorimétrique en employant, comme indicateur, le bleu de thymol dont la zone de virage est comprise entre 8, 0 et 9, 6 : ce qui, avec la correction de salinité, permet d'apprécier les pH compris entre 7, 8 et 9, 4.

Nous avons été ainsi amenés à constater que l'on devait distinguer deux sortes de flaques : d'une part les flaques à Chlorophycées; d'autre part les flaques à Phéophycées et à Floridées.

Dans les flaques à Chlorophycées, en effet, qui sont ordinairement de petite taille et situées à un niveau relativement élevé, le pH subit, chaque jour, des variations importantes. Voisin ordinairement de celui de l'eau de mer littorale, soit 8,2 en Méditerranée, il s'élève très rapidement dans les premières heures du jour, surtout si la flaque est ensoleillée, pour devenir égal ou supérieur à 9,4. De plus, si on l'observe de demi-heure en demi-heure en même temps que la température de l'eau et si l'on établit la courbe correspondante, on constate que les variations de l'alcalinité sont, dans une certaine mesure, indépendantes de celles de la température. Elles nous paraissent être essentiellement fonction du métabolisme des Algues. Elles sont d'ailleurs plus ou moins accusées suivant la composition floristique de ces flaques. De fait, si le pH des flaques à *Enteromorpha compressa* est presque toujours égal ou supérieur à 9,4, à condition de l'observer à la fin de la matinée ou, mieux encore, dans l'après-midi, par contre, il est souvent moins élevé lorsque la flore est constituée par d'autres genres de Chlorophycées tels que les *Cladophora* ou les *Chætomorpha*. Il est également plus faible si la végétation d'Algues est peu abondante ou en mauvais état.

Dans les flaques à Phéophycées et à Floridées, au contraire, situées souvent à un niveau inférieur aux précédentes et ordinairement plus grandes, les variations de la concentration en ions hydrogène de l'eau de mer sont beaucoup plus faibles et ne présentent, en tout cas, aucune périodicité. Sur 16 observations comparables, leur pH n'a été trouvé qu'une seule fois égal à 8,5 et deux fois à 8,4. En moyenne, il est de 8,2 : soit identique à celui de l'eau de mer littorale ou même légèrement inférieur de 0,1 ou très exceptionnellement de 0,2 à celui-ci.

Ces différences ne sont d'ailleurs pas les seules qui caractérisent ces deux types de cuvettes. Dans les flaques à Chlorophycées, la température subit des variations assez considérables, comprises, lors de nos mesures, entre 33° et 15°, soit une différence de 18°, alors qu'à la même époque la température de l'eau de mer littorale n'a oscillé qu'entre 20° et 21°,5. La salinité est également très variable. Parfois inférieure à celle de l'eau de mer lorsque la flaque est alimentée par des suintements d'eau douce, elle est ordinairement plus ou moins supérieure à celle-ci : puisque, dans certains cas, le sel peut se déposer : la saturation étant atteinte.

Au contraire, dans les flaques à Phéophycées et à Floridées, la température et la salinité sont beaucoup plus constantes. Nous avons toujours observé que la température de l'eau était comprise entre 31° et 21°, soit un écart thermique de 10° seulement, et que la salinité était la même que celle de l'eau de mer ou très voisine de celle-ci.

Ces chiffres, bien entendu, ne sont valables que pour les localités et l'époque de l'année où ils ont été obtenus. Ils sont concordants avec les résultats obtenus dans les mers à marées, en particulier par F. W. Gail, W. R. G. Atkins, R. Legendre, A. Labbé, Ed. Fischer, etc.

En résumé, les variations si accusées existant entre la composition floristiques de ces deux types de flaques résultent principalement des différences de température et de salinité. Quant à l'alcalinité élevée des flaques à Chlorophycées, elle est beaucoup plus une conséquence de l'actif métabolisme de ces Algues que la cause de leur développement abondant dans ce milieu hyperalcalin. La forte alcalinité de l'eau de mer dans laquelle elles se développent n'agit sur la composition floristique des flaques que pour s'opposer à l'établissement de Phéophycées ou de Floridées fragiles dans les cuvettes où abondent les Chlorophycées.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *La formation des terminaisons nerveuses dans les ventouses du bras régénéré du Céphalopode* (Octopus vulgaris *Lam.*). Note de M. **Raoul M. May**, présentée par M. L. Joubin.

Les ventouses qui se trouvent sur les bras de l'*Octopus* sont largement pourvues de terminaisons sensitives et motrices. Il était donc intéressant de constater quel était le mode de formation de ces organes par rapport à leur innervation. Agissent-elles comme centre d'attraction pour celle-ci, ou se forment-elles sous son influence ?

Pour provoquer la régénération des bras, j'ai simplement sectionné le tiers distal des huit bras de onze *Octopus vulgaris* Lam. Un mois et demi à 2 mois après cette opération on pouvait observer au bout des bras opérés un régénérat long de 1 à 2^{cm}. A ce moment la partie distale du bras originel a été sectionnée à 1^{cm} du régénérat et a été fixée avec celui-ci à son bout dans du formol neutre à 20 pour 100 préparé avec de l'eau de mer.

Ces pièces ont été alors imprégnées par la méthode de Cajal au nitrate d'argent telle qu'elle a été modifiée par Sereni et Young ([1]).

L'examen d'une coupe longitudinale médiane du régénérat du bras de l'*Octopus* nous montre un axe nerveux central composé de neurocytes et de fibres, et qui occupe un volume très important par rapport à la masse totale du régénérat. Sur la face interne de celui-ci, sur toute sa longueur, se trouvent des ventouses en formation ou nouvellement formées.

Un examen à plus fort grossissement d'une région donnée du régénérat nous révèle que des fibres nerveuses isolées ou sous forme de petits nerfs traversent le tronc nerveux à sa périphérie, perpendiculairement à son axe, pour innerver les différents tissus du régénérat. Certains de ces petits nerfs se rapprochent des ventouses et les innervent.

Étant donné le mode de formation du régénérat, les ventouses qui se trouvent à sa région distale sont les plus jeunes, tandis que celles qui se trouvent à sa base ont été formées les premières et sont par conséquent les plus anciennes. On peut donc comparer l'innervation de ces ventouses à différents âges, et voir si elles se forment sous l'influeuce des nerfs ou si au contraire elles les attirent.

Les ventouses de la région terminale du régénérat ont un aspect blasté-

([1]) *Publ. Staz. Zool. Napoli*, 12, 1932, p. 173-208.

mateux. Les sarcoblastes y sont très nombreux et compacts. On distingue parfaitement la région qui formera l'épithélium de celle qui donnera naissance au muscle sous-jacent, car ces deux tissus sont parfaitement délimités.

Ces ventouses terminales sont dépourvues d'innervation. Un examen soigneux ne nous révèle aucune terminaison nerveuse à l'intérieur de leurs tissus.

Mais certaines de ces ventouses terminales sont entourées par des filets et petits faisceaux nerveux qui se trouvent dans la région sous-acétabulaire.

Ces faisceaux semblent attirés de toutes parts par la ventouse en formation. Dans certains cas on voit quelques fibres nerveuses qui ont poussé jusqu'à la base de la ventouse et qui se trouvent dans cette région périphérique. Mais elles n'ont pas encore pénétré entre les cellules qui formeront le muscle acétabulaire.

Si l'on examine des ventouses qui se trouvent à mi-chemin entre le bout du régénérat et sa base, on constate que ces ventouses, qui ont encore un aspect blastémateux, sont envahies par un réseau de fibres nerveuses qui, partant de petits faisceaux péri- et sous-acétabulaires, pénètrent dans l'acétabulum de la ventouse et s'y ramifient. Deux cas de ce genre sont particulièrement démonstratifs. Dans le premier cas les terminaisons nerveuses prennent naissance dans trois petits faisceaux qui se trouvent des deux côtés et à la base de l'acétabulum. Dans le second cas un seul faisceau nerveux pénètre à l'intérieur de la ventouse pour s'y ramifier abondamment. La plupart des terminaisons, paranucléaires, semblent finir librement, mais on constate çà et là des renflements et massues terminaux, caractéristiques de fibres embryonnaires ou en régénération.

Cette innervation primitive ne se trouve que dans l'acétabulum. Mais elle s'étend rapidement à l'infundibulum, ainsi qu'on peut le constater sur des ventouses qui se trouvent tout à fait à la base du régénérat, et qui ont ainsi reçu leur innervation avant les ventouses plus distales. Ces ventouses basales n'ont plus l'aspect blastémateux des ventouses nouvellement formées. Elles sont composées de fibres musculaires et de tissu conjonctif tout comme les ventouses adultes qui se trouvent sur la partie originelle du bras. Elles en diffèrent par leur petite taille et par le fait que si l'on constate encore des boutons et renflements terminaux dans leur innervation, on ne peut pas encore distinguer avec certitude les terminaisons motrices des terminaisons sensitives.

La formation successive des ventouses sur le régénérat nous permet de saisir tous les moments de leur histogénèse. Si l'on ne peut constater de différence entre le moment de formation de l'axe nerveux central et des ventouses, les résultats actuels ne nous laissent pas de doute sur le mode de formation des terminaisons nerveuses dans ces dernières. Celles-ci, aux premiers moments de leur formation, sont absolument vierges d'innervation. Ce n'est que lorsqu'elles ont évolué un certain temps que les sarcoblastes qui entrent dans leur composition semblent attirer sélectivement les faisceaux qui partent de l'axe nerveux central.

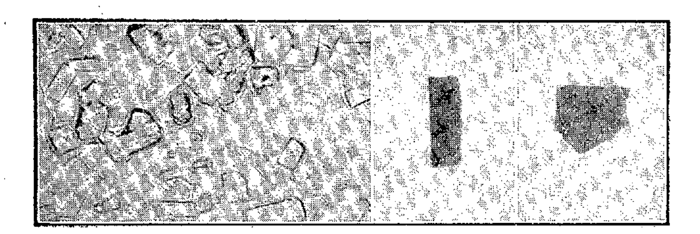
Nous pouvons donc compter les ventouses des Céphalopodes parmi les organes qui, agissant comme guide et centre d'attraction dans la neurogénèse de leurs terminaisons, sans que l'on puisse déceler de voie préétablie pour celles-ci, rentrent parfaitement dans la théorie neurotropique de Cajal.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la chlorocruorine cristallisée.*
Note de MM. **H. M. Fox** et **J. Roche**, présentée par M. A. Desgrez.

La chlorocruorine, pigment respiratoire de certains Annélides Polychètes, n'a pas été obtenue jusqu'ici à l'état pur, cristallisée, aussi ses propriétés n'ont-elles été étudiées que dans le sang où elle est dissoute. Il a néanmoins pu être établi que la chlorocruorine est un chromoprotéide voisin de l'hémoglobine, et constitué, comme elle, par l'union d'une hématine avec une protéine qui sont, l'une et l'autre, respectivement différentes de la protohématine et de la globine contenues dans les hémoglobines des animaux supérieurs (Fox; Warburg, Negelein et Haas; Warburg et Negelein, J. Roche).

Nous avons préparé par la technique suivante de la chlorocruorine cristallisée : Du sang de *Spirographis Spallanzanii* prélevé dans les troncs branchiaux ($0^{cm^3},02$ à $0^{cm^3},1$ par animal) est additionné de son volume d'eau distillée, puis de solution saturée de $SO^4(NH^4)^2$ en quantité suffisante pour qu'un trouble persistant se manifeste. Ce résultat est obtenu lorsque le sang a été dilué avec environ son volume de solution saline. On place ensuite le mélange à 0° et l'on voit apparaître en quelques heures des cristaux du pigment. Lorsque la cristallisation est peu abondante ou tarde à se produire, on l'accélère par addition de petites quantités de solution saturée de $SO^4(NH^4)^2$. La chlorocruorine, soluble dans l'eau, peut être recristallisée en traitant ses solutions par la technique qui permet de l'obtenir à partir du sang.

Le pigment se présente en cristaux rhombiques de formes diverses, dont quelques exemplaires sont reproduits dans les microphotographies ci-dessous; les uns sont d'un vert sombre avec dichroïsme rouge, les autres, plus nombreux, d'un vert jaune.



Chlorocruorine de Spirographe cristallisée.

La composition élémentaire de la chlorocruorine a été établie à l'aide des méthodes de Pregl, sur une préparation de pigment recristallisée deux fois, puis dialysée pendant vingt jours à 0° pour en éliminer $SO^4(NH^4)^2$, précipitée par l'acétone et séchée à l'étuve à 105° jusqu'à poids constant. Le spectre visible et ultraviolet de la chlorocruorine oxygénée a été déterminé par spectrophotométrie. Voici l'essentiel des données obtenues, auxquelles on a joint, aux fins de comparaison, celles correspondant au pigment sanguin du Cheval.

	Pour 100.					
	C.	H.	N.	S.	Fe.	O.
Composition de la chlorocruorine de spirographe.	47,2	7,3	15,4	2,6	1,2	24,3
Composition de l'hémoglobine de cheval (Abderhalden)	54,7	7,0	17,3	0,4	0,4	20,1

	Bande		
	I.	II.	III.
Spectre visible (mμ) de l'oxychlorocruorine de spirographe	602,5	562,5	515
Spectre visible (mμ) de l'oxyhémoglobine de cheval (Vlès)	578	543	—
Spectre ultraviolet (mμ) de l'oxychlorocruorine de spirographe.	445	360	275
Spectre ultraviolet (mμ) de l'oxyhémoglobine de cheval (Vlès).	416	343	275

La teneur en soufre et en fer des deux pigments diffère donc notablement [1]. Or ces deux éléments sont contenus exclusivement, le premier

(1) La composition élémentaire de notre préparation diffère sensiblement de celle de la chlorocruorine de Sabella obtenue par A. B. Griffiths (*Comptes rendus*, **114**, 1892, p. 1277), qui contiendrait 0,78 pour 100 S et 0,45 pour 100 Fe. Mais la chlorocruorine *amorphe* de Griffiths ne présente aucune garantie de pureté.

dans le groupement prosthétique, le second dans la protéine conjuguée à celui-ci. Comme l'hématine de l'hémoglobine et celle de la chlorocruorine ont la même teneur en fer (Warburg, Negelein et Haas), il faut en conclure que la même quantité d'hématine se combine à moins de protéine dans le pigment respiratoire du Spirographe que dans celui des animaux supérieurs. Par ailleurs, la richesse en soufre de la chlorocruorine indique que la composition de sa partie protéique ne doit pas être identique à celle de la globine. Quant aux différences entre les spectres des deux pigments respiratoires, elles reposent sur la diversité de leurs hématines, comme des expériences de combinaison de celle-ci avec la globine l'ont antérieurement démontré (1).

Ainsi, la chlorocruorine pure du Spirographe, bien que présentant des analogies avec les hémoglobines des animaux supérieurs, est un pigment qui s'en distingue non seulement par la nature de ses deux constituants, mais probablement aussi par le rapport des quantités de protéine combinées à un même poids d'hématine.

(1) On obtient en effet une chlorocruorine en combinant l'hématine de la chlorocruorine avec une globine (J. Roche, Warburg et Negelein), et une hémoglobine en combinant la protohématine et une globine (Bertin-Sans et Moitessier).

La séance est levée à 15h45m.

E. P.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 23 OCTOBRE 1933.

PRÉSIDENCE DE M. ÉMILE BOREL.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **C. A. F. Benedicks**, membre de l'Académie des Sciences de Stockholm, qui assiste à la séance.

M. **Ém. Borel** rend compte de l'inauguration des monuments de Gaston Boissier et Gaston Darboux, à laquelle il a représenté l'Académie avec **M. E. Cartan.**

M. **H. Lecomte** fait hommage à l'Académie du 49ᵉ fascicule de la *Flore générale de l'Indochine : Orchidacées* (*suite*), par F. Gagnepain et A. Guillaumin.

M. **P. Janet** s'exprime en ces termes :

J'ai l'honneur d'offrir à l'Académie un volume que je viens de publier à la librairie Gauthier-Villars sous le titre *Notes et Souvenirs* et qui contient une série d'articles insérés depuis une vingtaine d'années dans différents recueils. Voici les principales divisions de la table des matières : *Enseignement et organisation scientifique; Quelques souvenirs; Paroles d'après guerre; Quelques biographies.*

M. **d'Ocagne** fait hommage à l'Académie d'un livre de M. Louis Couffignal dont il a écrit la *Préface : Les machines à calculer. Leurs principes. Leur évolution*, où sont décrits les derniers progrès réalisés en ce domaine, y compris la remarquable solution donnée par M. Couffignal lui-même du fameux problème de Babbage.

M. **Jules Richard** fait hommage à l'Académie du fascicule LXXXVII des *Résultats des campagnes scientifiques accomplies sur son yacht par* Albert Ier, *Prince souverain de Monaco : Siphonophores calycophorides provenant des campagnes du Prince Albert de Monaco*, par Eugène Leloup.

NOMINATIONS.

MM. **A. d'Arsonval** et **L. Guillet** sont adjoints à la délégation chargée de représenter l'Académie au *Cinquantenaire de la Société française des Électriciens*.

MM. **G. Bertrand, M. Molliard, L. Lapicque, A. Degrez** sont désignés pour représenter l'Académie au *IVe Congrès de Chimie biologique*, à l'occasion duquel la Société de Chimie biologique commémorera le Centenaire de la découverte de la *diastase* par Payen et Persoz.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Les fêtes du Centenaire de* Cuvier.

2° J. Alquier, Étienne de Felcourt, Pierre Lyautey, Jean de Nicolaÿ, William Oualid, J.-H. Ricard, Lucien Romier, Daniel Serruys. *L'Agriculture dans l'évolution de la crise mondiale*. Avant-propos de M. H. Queulle, Ministre de l'Agriculture.

3° *Marine* Isopoda *of the Families* Serolidæ, Idotheidæ, Pseudidotheidæ, Arcturidæ, Parasellidæ *and* Stenetriidæ, *mainly from the South Atlantic*, by Åke Nordenstam.

4° *Leçons sur les fonctions presque périodiques*, par J. Favard. Préface de M. Gaston Julia.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur les transformations* R *et* T'_1.
Note de M. A. Demoulin.

1. Soit, dans un espace linéaire à n dimensions, $Ox_1 \ldots x_n$ ou H_f un n-èdre complètement orthogonal [1] fixe. Rapportons à H_f un n-èdre complètement orthogonal $mX_1 \ldots X_n$ ou H_m dépendant de n paramètres. Par hypothèse, les coordonnées $x_1, \ldots, x_n$ de m peuvent être prises comme variables indépendantes. Soient $m_{r1}, \ldots, m_{rn}$ les paramètres directeurs de mX_r. Désignons par Γ_r la courbe intégrale du système d'équations différentielles $dx_1/m_{r1} = \ldots = dx_r/m_{rn}$ qui passe par m, et par l_r l'abscisse curviligne de ce point, le sens des arcs croissants étant choisi de manière que la demi-tangente positive en m soit mX_r.

2. Soient $X_1, \ldots, X_r$ les coordonnées d'un point M rapporté à H_m. Si m se déplace sur Γ_r et si l'on fait jouer à l_r le rôle du temps, les composantes $\delta X_i/\partial l_r$ de la vitesse du point M ont pour expressions

$$\frac{\delta X_i}{\partial l_r} = \varepsilon_i^r + \sum_k P_{ik}^r X_k + \frac{\partial X_i}{\partial l_r}.$$

Les ε_i^r sont les translations et les P_{ik}^r les rotations de H_m. On a $\varepsilon_i^r = 0$, si i est $\neq r$, $\varepsilon_r^r = 1$, $P_{ii}^r = 0$, $P_{ik}^r + P_{ki}^r = 0$.

3. Si θ est une fonction du point m, on a

$$(1) \qquad \frac{\partial^2\theta}{\partial l_s \partial l_r} - \frac{\partial^2\theta}{\partial l_r \partial l_s} = \sum_i (P_{si}^r - P_{ri}^s)\frac{\partial\theta}{\partial l_i}$$

ou

$$(2) \qquad \frac{\partial\omega_r}{\partial l_s} - \frac{\partial\omega_s}{\partial l_r} = \sum_i (P_{si}^r - P_{ri}^s)\omega_i,$$

étant posé $\partial\theta / \partial l_r = \omega_r$. Réciproquement, n fonctions $\omega_1, \ldots, \omega_n$ qui satisfont aux $1/2\, n(n-1)$ relations (2) sont respectivement les dérivées d'une fonction par rapport à $l_1, \ldots, l_n$.

4. Dans ce qui va suivre, nous conserverons les notations de notre Communication du 11 septembre 1933, p. 594 [2].

Soient $m(x_1, \ldots, x_n)$, $M(X_1, \ldots, X_n)$ deux points rapportés à H_f et se correspondant dans une transformation géométrique. En général, il y a n droites d coupées par les droites D qui leur correspondent en des points appartenant au $(n-1)$-plan médiateur ω du segment mM. Désignons ces

---

[1] C'est-à-dire tel que ses n arêtes $Ox_1, \ldots, Ox_n$ soient deux à deux orthogonales.
[2] Page 594, ligne 10, *au lieu de* tangente à γ, *lire* tangente d à γ.

droites par $d'_1, \ldots, d'_n$ et par O_i l'intersection de d'_i et de ω. Si d'_i est la caractéristique relative à un déplacement du point m sur une courbe tangente à d'_i, on a

$$\sum \frac{d'_i(M)}{d'_i(m)} = -\sum a_{ii} + 2\frac{\Sigma\Sigma(X_i - x_i)(X_k - x_k)a_{ik}}{\Sigma(X_i - x_i)^2}. \tag{3}$$

5. Nous dirons que la transformation est R si les droites $d'_1, \ldots, d'_n$ sont deux à deux orthogonales.

Conformément aux notations du n° 1, désignons par $mX_1 \ldots X_n$ le n-èdre complètement orthogonal dont $d'_1, \ldots, d'_n$ sont les arêtes.

Soit Σ_r la $(n-1)$-sphère de centre O_r et de rayon $O_r m$. Si m se déplace sur Γ_s, $s \neq r$, la trajectoire du point M est tangente à Σ_r, et, par suite, la caractéristique de Σ_r passe par M. On a dès lors, ρ_r désignant l'inverse de la coordonnée X_r de O_r,

$$\frac{\partial \rho_r}{\partial l_s} = -\sum_k P^s_{ik}\rho_k + \rho_r \rho_s,$$

ou, si l'on pose $\rho_i = -\sigma_i/\lambda$,

$$\left(\frac{\partial \lambda}{\partial l_1} - \sigma_1\right)\sigma_r = \left(\frac{\partial \sigma_r}{\partial l_s} + \sum_k P^s_{rk}\sigma_k\right)\lambda.$$

Cette équation peut être remplacée par les suivantes :

$$\frac{\partial \lambda}{\partial l_s} = \sigma_s + \omega_s \lambda, \tag{4}$$

$$\frac{\partial \sigma_r}{\partial l_s} = -\sum_k P^s_{rk}\sigma_k + \omega_s \sigma\ . \tag{5}$$

En vertu de l'identité (1), les égalités (4) entraînent les relations (2). $\omega_1, \ldots, \omega_n$ sont dès lors les dérivées logarithmiques d'une fonction μ par rapport à $l_1, \ldots, l_n$. Si l'on pose $V = \lambda/\mu$, $\theta_i = \sigma_i/\mu$, les équations (4) et (5) deviennent

$$\frac{\partial V}{\partial l_s} = \theta_s, \qquad \frac{\partial \theta_r}{\partial l_s} + \sum_k P^s_{rk}\theta_k = 0.$$

Par suite, le point P de coordonnées relatives $\theta_1, \ldots, \theta_n$ correspond à m dans une transformation C et les droites passant par P qui correspondent aux droites $mX_1, \ldots, mX_n$ sont parallèles à celles-ci. Le point M correspond à P dans l'inversion de pôle m et de puissance $-2V$. Si l'on pose $V = e^{-2\varphi}$, les coordonnées absolues $X_1, \ldots, X_n$ de M sont données par les égalités

$$X_i = x_i + \frac{\varphi'_{x_i}}{\Delta\varphi}.$$

Par suite, la transformation R est une des transformations que nous avons attachées (*loc. cit.*) à toute transformation C ([1]).

On a $A = 2 - n - \Delta_2 \varphi / \Delta \varphi$, A désignant le premier membre de l'égalité (3).

Pour la transformation $\overline{T}_1$ (*loc. cit.*), $\Delta_2 \varphi = 0$, donc $A = 2 - n$.

Appelons transformation T'_1 toute transformation R telle que $A = 0$. Si $n = 2$, les transformations T'_1, $\overline{T}_1$ sont identiques. Donc, si n est > 2, T'_1 est, comme $\overline{T}_1$, une extension aux espaces d'ordre supérieur à deux de la transformation conforme de première espèce la plus générale. On obtiendra une autre extension de cette transformation en établissant entre deux points $m(x_1, \ldots, x_n)$, $M(X_1, \ldots, X_n)$, $n > 2$, une correspondance telle que les n droites $d_1, \ldots, d_n$ (*loc. cit.*) soient isotropes. Dans ce cas, $X_1, \ldots, X_n$ satisfont à un système de n équations du premier ordre, mais, si n est impair, la transformation est imaginaire.

GÉOMÉTRIE. — *Sur une application de la théorie des involutions unicursales aux cubiques et aux quartiques.* Note de M. **Léon Pomey**, présentée par M. L. Lecornu.

Je me propose d'utiliser certains résultats antérieurs de la théorie des involutions unicursales du troisième ordre pour résoudre géométriquement les problèmes suivants, choisis à titre d'exemples, concernant les cubiques et quartiques.

1. Premier problème. — *Soit une cubique plane unicursale* $\mathcal{C}$ donnée par son point double A_0 et par six autres points $A_1, A_2, \ldots, A_6$. On demande de *déterminer géométriquement ses trois points d'inflexion.*

Commençons par construire le troisième point d'intersection α de $\mathcal{C}$ avec la droite A_1A_2. A cet effet, déterminons le quatrième point d'intersection B des deux coniques g et g' menées l'une par les points A_0, A_1, A_2, A_3, A_4, l'autre par A_0, A_1, A_2, A_5, A_6. Alors le point α sera sur le rayon homologue du rayon A_0B dans l'involution ordinaire définie par le couple de rayons A_0A_3, A_0A_4 et par le couple A_0A_5, A_0A_6.

En changeant les points A_1 et A_2, nous pourrons obtenir ainsi finalement les points d'intersection de $\mathcal{C}$ avec trois droites du plan.

([1]) Les transformations R et C ont entre elles des relations identiques à celles qui existent entre les transformations de Ribaucour et de Combescure des systèmes orthogonaux.

Projetons ces trois groupes de trois points sur la conique g en prenant le point double A_0 pour centre de projection. Ces projections définissent sur g *une involution du troisième ordre* J_3 *dont nous savons trouver géométriquement les trois points triples* a_1, a_2, a_3 [1]. *Chaque droite* $A_0 a_1$, $A_0 a_2$, $A_0 a_3$ *coupera* $\mathcal{C}$ *en un des points d'inflexion cherchés* δ_1, δ_2, δ_3.

Pour achever de déterminer l'un d'eux, δ_1, considérons l'intersection b de la droite $A_0 a_1$ avec la conique g. Soit h la conique passant par $A_0 A_1 A_2 b A_5$. Prenons l'intersection A'_5 de cette conique h avec le rayon homologue du rayon $A_0 A_5$ dans l'involution ordinaire définie par le couple de rayons $(A_0 A_3, A_0 A_4)$ et par le couple $(A_0 \alpha, A_0 a_1)$. Ensuite, menons deux coniques f et f' l'une par $A_0 A_1 A_3 A_4 A_6$, l'autre par $A_0 A_1 A_5 A'_5 A_6$, et considérons le conique du faisceau (f, f') qui passe par α. *Le point d'inflexion demandé* δ_1 *sera à l'intersection de cette conique avec la droite* $A_0 a_1$. Le problème posé est ainsi résolu.

2. Second problème. — *Soit une cubique gauche* Q, dont la projection conique effectuée sur un plan P, à partir d'un point donné S de l'espace, est une cubique connue C, ayant un point double au point A_0, où le plan P est percé par la droite qui passe par S et qui rencontre Q en deux points (distincts ou confondus).

On demande de déterminer les trois plans osculateurs qu'on peut mener par S *à la cubique gauche.*

Or leurs points de contact ont pour projections sur P *les trois points d'inflexion de la cubique plane* C, *points que nous savons construire* (d'après le paragraphe précédent) ainsi que les tangentes d'inflexion correspondantes. Celles-ci étant les traces sur P des trois plans osculateurs cherchés, le problème est résolu.

3. Troisième problème. — *Soient une quartique plane unicursale* Q, donnée par ses trois points doubles A_1, A_2, A_3, et cinq poins simples B_1, B_2, ..., B_5. *On demande de trouver, dans le réseau* (R) *de coniques menées par* A_1, A_2, B_1, *celles qui sont osculatrices à* Q.

Les trois points d'osculation ω, ω', ω'' seront *les points triples de l'involution du troisième ordre* I_3 définie sur Q par trois coniques G, G', G'' du réseau menées chacune par deux des points $B_2 B_3 \ldots B_5$. Pour construire le

---

[1] J'ai indiqué cette construction dans les *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1452 (III) : Ces trois points sont obtenus là comme intersections de deux coniques connues ayant un point de rencontre connu.

dernier point d'intersection m, m' ou m'' de Q avec chacune de ces coniques, menons d'abord une conique g_1 par $A_1 A_2 A_3 B_1 B_2$, une autre g_2 par $A_1 A_2 A_3 B_3 B_4$ et cherchons le dernier point d'intersection b de la quartique Q avec la conique g_3 du faisceau (g_1, g_2) qui passe par B_5 : A cet effet menons une conique γ_1 par $A_1 A_2 A_3 B_5 B_1$ et une autre γ'_1 par $A_1 A_2 A_3 B_5 B_2$; puis γ_2 par $A_1 A_2 A_3 B_5 B_3$ et γ'_2 par $A_1 A_2 A_3 B_5 B_4$. La conique Γ, qui passe par $A_1 A_2 A_3$ et par deux autres points choisis arbitrairement, est coupée respectivement par γ_1 et γ'_1 en μ_1 et μ'_1 ; par γ_2 et γ'_2 en μ_2 et μ'_2.

Dès lors, soit μ_3 l'intersection de Γ avec la conique γ_3 menée par $A_1 A_2 A_3 B_5$ et tangente à g_3 en B_5, et soit μ'_3 son homologue dans l'involution ordinaire définie sur Γ par les deux couples de points $(\mu_1 \mu'_1)$, $(\mu_2 \mu'_2)$. La conique γ'_3, menée par $A_1 A_2 A_3 B_5$ et μ'_3, coupe g_3 au point cherché b.

En intervertissant les rôles des points B_1, B_2, ... nous obtiendrons de même autant de points de la quartique (analogues à b) que nous voudrons.

Cela étant, nous saurons déterminer le dernier point d'intersection m, m' ou m'' de la quartique avec chacune des trois coniques G, G′, G″ (¹). Connaissant maintenant trois triades de la I_3, nous lui ferons correspondre une autre involution du troisième ordre j_3 sur Γ au moyen de trois trios de coniques (analogues aux coniques γ_1, γ_2, γ_3) passant toutes par A_1, A_2, A_3, B_5 et chacune, en outre, par un des points des trois triades connues de la I_3. Nous serons alors ramenés *à trouver les points triples de cette* j_3, ce que nous savons faire (§ 1). Les trois points qui leur correspondent sur la quartique Q (au moyen encore de coniques analogues à γ_1 et passant par A_1, A_2, A_3, B_5) sont les points ω, ω', ω'' demandés.

GÉOMÉTRIE PROJECTIVE DIFFÉRENTIELLE. — *Sur les couples de surfaces dont les asymptotiques se correspondent et qui, aux points correspondants, ont les mêmes directrices de Wilczynski.* Note de M. **Finikoff**.

1. Soient (M) une surface rapportée à ses asymptotiques (u, v), $(MM_1 M_2 M_3)$ son tétraèdre normal de Cartan, MM_3 et $M_1 M_2$ étant les deux directrices de Wilczynski, MM_1 et MM_2 les deux tangentes asymptotiques.

(¹) Voir nos Mémoires parus au *Journal de l'École Polytechnique*, 28ᵉ cahier, 1931, p. 155, et 29ᵉ cahier, 1931, p. 115.

La surface (M) est déterminée à un déplacement projectif près par le système

$$(1)\quad \begin{cases} \dfrac{\partial M}{\partial u} = \dfrac{M}{2}\dfrac{\partial \log\gamma}{\partial u} + M_1, & \dfrac{\partial M}{\partial v} = \dfrac{M}{2}\dfrac{\partial \log\beta}{\partial v} + M_2, \\ \dfrac{\partial M_1}{\partial u} = B^2 M - \dfrac{M_1}{2}\dfrac{\partial \log\gamma}{\partial u} + \beta M_2, & \dfrac{\partial M_1}{\partial v} = \overline{K} M + \dfrac{M_1}{2}\dfrac{\partial \log\beta}{\partial v} + M_3, \\ \dfrac{\partial M_2}{\partial u} = K M + \dfrac{M_2}{2}\dfrac{\partial \log\gamma}{\partial u} + M_3, & \dfrac{\partial M_2}{\partial v} = A^2 M + \gamma M_1 - \dfrac{M_2}{2}\dfrac{\partial \log\beta}{\partial v}, \\ \dfrac{\partial M_3}{\partial u} = A^2\beta M + K M_1 + B^2 M_2 - \dfrac{M_3}{2}\dfrac{\partial \log\gamma}{\partial u}, & \dfrac{\partial M_3}{\partial v} = B^2\gamma M + A^2 M_1 + \overline{K} M_2 - \dfrac{M_3}{2}\dfrac{\partial \log\beta}{\partial v}, \end{cases}$$

où chaque lettre M_i désigne tour à tour les quatre coordonnées homogènes du point M_i. Les composantes des déplacements du tétraèdre, $\beta, \gamma, A, B, K, \overline{K}$ satisfont au système

$$(2)\quad \begin{cases} 2K = \beta\gamma - \dfrac{\partial^2 \log\beta}{\partial u\, \partial v}, & 2\overline{K} = \beta\gamma - \dfrac{\partial^2 \log\gamma}{\partial u\, \partial v}, \\ \dfrac{\partial(A^2)}{\partial u} = K\dfrac{\partial \log(K\beta)}{\partial v}, & \dfrac{\partial(B^2)}{\partial v} = K\dfrac{\partial \log(\overline{K}\gamma)}{\partial u}, \\ A\dfrac{\partial(A\beta)}{\partial v} = B\dfrac{\partial(B\gamma)}{\partial u}. \end{cases}$$

Soient (N) une autre surface rapportée à ses asymptotiques (u, v) ayant les mêmes directrices, et $NN_1N_2N_3$ son tétraèdre normal. Il y a deux cas à distinguer : A et B.

2. A. MM_3 est la première directrice de N, M_1M_2 la seconde. En désignant par a_i, b_i des fonctions convenables, nous posons

$$N = aM + bM_3, \qquad N_1 = A_1M_1 + b_1M_2, \qquad N_2 = a_2M_1 + b_2M_2, \qquad N_3 = a_3M + b_3M_3.$$

En portant ces expressions dans le système (1) relatif à la seconde surface, on obtient d'abord $B^2K = 0$, $A^2\overline{K} = 0$, puis certaines équations complémentaires, de sorte que le cas A se partage en deux : A_1 et A_2.

A_1. $A^2 = 0$, $B^2 = 0$: le couple de surfaces (M), (N) est un couple de Demoulin-Godeaux avec les mêmes quadriques de Lie. Si l'on ajoute encore $K = \overline{K}$, la surface (M) devient une surface isotherme-asymptotique de la classe précédente et il existe ∞^1 surfaces (N) projectivement identiques avec les mêmes directrices MM_3 et M_1M_2.

A_2. $K = 0$, $\overline{K} = 0$. Il existe ∞^1 surfaces (N); les surfaces (M) et (N) sont des surfaces dont les asymptotiques appartiennent à certains complexes linéaires.

3. B. L'arête M_1M_2 est la première directrice de (N), MM_3 la seconde. Par la même méthode on trouve que (M) appartient à la classe (A_2) : il existe ∞^1 surfaces (N) de la même classe.

4. Les surfaces (M) avec $K = \overline{K} = 0$ rentrent donc, comme cas particulier, dans la classe des surfaces de M. Čech dont les directrices engendrent un couple de congruences stratifiables.

La déformation projective de (M) réduit A et B à zéro; (M) devient une surface de Tzitzéica dont les premières directrices passent par un point fixe P et les secondes sont situées dans un plan fixe Π. Toutes les surfaces (N) de la première famille se confondent avec le point fixe P, celles de la seconde dégénèrent en un faisceau de droites issues du point P dans le plan Π.

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Un théorème sur les fonctions d'ensemble complètement additives.* Note [1] de MM. **Claude Chevalley** et **René de Possel**, présentée par M. Hadamard.

La présente Note contient la démonstration d'un théorème qui est utile dans la théorie de l'intégrale de Stieltjes abstraite.

Théorème. — *Soient* $\mathfrak{E}$ *un ensemble d'éléments abstraits dit fondamental,* $\mathcal{K}$ *un corps* [2] *de sous-ensembles de* f, *et* λ *une fonction d'ensemble complètement additive, définie pour les ensembles de* $\mathcal{K}$, *et dont la valeur est un nombre nul, positif ou égal à* $+\infty$.

Soient $E_1, E_2, \ldots$ *des ensembles de* $\mathcal{K}$ *en infinité dénombrable dont la réunion* [2] E_0 *appartient à* $\mathcal{K}$, *et* $a_0, a_1, a_2, \ldots$ *des nombres réels vérifiant les inégalités*

$$-\infty < a_i \leqq +\infty, \qquad a_i \lambda E_i \neq -\infty \qquad (i = 0, 1, 2, \ldots),$$

et tels que la série des a_i *négatifs converge.*

Désignons par $\varphi_{E_i}(p)$ *la fonction caractéristique de l'ensemble* E_i, *et suppo-*

---

(1) Séance du 16 octobre 1933.

(2) Une famille d'ensembles est appelée *corps* si la différence et la réunion de deux ensembles de la famille lui appartiennent encore.

La *réunion* de plusieurs ensembles est l'ensemble des éléments qui appartiennent au moins à l'un d'entre eux. Lorsque les ensembles sont *disjoints*, c'est-à-dire sans élément commun à deux d'entre eux, la réunion se nomme aussi *somme*.

sons que l'on ait pour tout élément p de E_0 *l'inégalité*

$$\sum_{1}^{\infty} a_i \varphi_{E_i}(p) \geqq a_0, \tag{1}$$

le premier membre ayant toujours un sens grâce aux conventions $0 \times (+\infty) = 0$, $(+\infty) \times 0 = 0$ *et aux hypothèses faites sur les* a_i.

On a alors

$$\sum_{i=1}^{\infty} a_i \lambda E_i \geqq a_0 \lambda E_0, \tag{2}$$

avec les mêmes conventions que plus haut.

Démonstration. — Supposons que λ ne soit pas toujours égale à $+\infty$ [1]; λ est alors nulle pour l'ensemble vide.

Plaçons-nous d'abord dans le cas où les E_i pour $i > n$ sont vides. Il existe alors des ensembles disjoints E'_j, appartenant à $\mathcal{K}$, et tels que chacun des $E_1, \ldots, E_n$ soit la somme de certains des E'_j. Les inégalités (1) et (2) s'écrivent alors

$$\sum_{1}^{n'} a'_j \varphi E'_j(p) \geqq a_0, \tag{1'}$$

$$\sum_{1}^{n'} a'_j \lambda E'_j \geqq a_0 \lambda E_0, \tag{2'}$$

les a'_j désignant des sommes formées de certains des a_i.

Si p est contenu dans E'_j, l'inégalité (1′) donne $a'_j \geqq a_0$. Par conséquent (2′) est vérifiée. Il en est de même de (2) qui lui est équivalente.

Passons au cas général. Désignons par N un nombre fixe inférieur à a_0, et par X_n l'ensemble des points p qui appartiennent à l'un au moins des ensembles $E_1, \ldots, E_n$ et qui satisfont à l'inégalité

$$\sum_{1}^{n} a_i \varphi_{E_i}(p) \geqq N. \tag{3}$$

Tout point p de X_n satisfait alors à

$$\sum_{1}^{n} a_i \varphi_{E_i . X_n}(p) \geqq N. \tag{4}$$

[1] Dans le cas contraire, le théorème est évident.

Les ensembles X_n appartiennent au corps $\mathfrak{K}$, car si l'on décompose E en un nombre fini d'ensembles E'_j de $\mathfrak{K}$, tels que chacun des $E_1, \ldots, E_n$ soit la somme de certains des E'_j, la fonction

$$\sum_1^n a_i \varphi_{E_i}(p)$$

est constante dans chacun des E'_j, et par conséquent les X_n sont sommes de certains des E'_j et appartiennent à $\mathfrak{K}$. Les $E_i . X_n$ sont donc aussi des ensembles de $\mathfrak{K}$, et l'on conclut de (4), d'après le cas particulier déjà examiné,

$$(5) \qquad \sum_{i=1}^n a_i \lambda(E_i . X_n) > N . \lambda X_n.$$

Si n croît, les X_n forment une suite non décroissante, et tout point p de E_0, pour n assez grand, finit par appartenir aux X_n : par conséquent les ensembles réunions des suites X_n et $E_i . X_n$ sont E_0 et E_i. D'après l'additivité complète de λ, les suites λX_n et $\lambda(E_i . X_n)$ tendent respectivement vers λE et λE_i. L'inégalité (5) donne donc

$$\sum_1^\infty a_i \lambda E_i > N \lambda E_0.$$

N étant un nombre arbitraire inférieur à a_0, on en conclut (1). Le théorème est démontré.

En particulier, si les a_i et les λE_i sont finis, et si l'on a

$$\sum_1^n a_i \varphi E_i(p) = a_0,$$

on en conclut

$$\sum_1^n a_i \lambda E_i = a_0 \lambda E.$$

Il suffit pour le démontrer d'appliquer le théorème, puis de l'appliquer une deuxième fois en changeant de signe tous les a_i.

Des applications détaillées de ce théorème paraîtront dans un autre Recueil.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les théorèmes de nature taubérienne.* Note [1] de M. **J. Karamata**, transmise par M. J. Hadamard.

Soit

$$f(s) = \int_0^\infty e^{-sx}\, d\{a(x)\}, \tag{1}$$

l'intégrale étant supposée convergente pour tout $R(s) > 0$, et $a(x)$ étant une fonction à variation bornée dans tout intervalle fini.

Les théorèmes de Tauber, relatifs aux intégrales de la forme (1), peuvent être classés en deux groupes bien distincts. Ceux du premier groupe (théorèmes de Tauber proprement dits) donnent les conditions auxquelles doit satisfaire la fonction $a(x)$ pour qu'on puisse tirer, des valeurs asymptotiques de

$$f(\sigma) \quad \text{lorsque} \quad \sigma \to 0,$$

celles de

$$a(x) \quad \text{lorsque} \quad x \to \infty.$$

Ce sont les théorèmes de Littlewood, Hardy, Landau, Schmidt et d'autres [2].

Par contre, les théorèmes de Tauber du second groupe supposent d'avantage quant aux valeurs asymptotiques de $f(s)$, faisant, en particulier, des hypothèses sur

$$f(\sigma + it) \quad \text{lorsque} \quad \sigma \to 0.$$

Ainsi, sous des conditions auxiliaires moins restrictives, relatives à la fonction $a(x)$, on déduit les valeurs asymptotiques correspondantes de

$$a(x) \quad \text{lorsque} \quad x \to \infty.$$

Les théorèmes de cette nature sont ceux de Landau, Hardy-Littlewood, Ikehara-Wiener, Fatou, M. Riesz (ainsi que les théorèmes récents de Heilbronn-Landau).

Les travaux récents de Norbert Wiener [3] simplifiés par E. Landau [4]

---

(1) Séance du 31 juillet 1933.

(2) Pour la littérature, voir N. Wiener, *Annals of Math.*, 33, 1932, p. 1-100, et une Note de l'auteur (*Studia Math.*, 3, 1931, p. 68-76), où les théorèmes de la nature considérée sont énoncés sous leur forme la plus générale.

(3) M. Riesz, *Acta Lit. ac. Scient. Univ. Hung.*, 2, 1924, p. 18-31.

(4) Heilbronn et Landau, *Math. Zeit.*, 37, 1933, p. 10-21; E. Landau, *Nachr. Ges. Wiss. Göttingen*, I, 30, 1932, p. 525-527.

m'ont permis de mettre bien en évidence les rapports existant entre ces deux groupes de théorèmes, surtout en ce qui concerne les conditions auxiliaires relatives à la fonction $a(x)$.

Ainsi, au théorème du premier groupe :

De

$$(2) \qquad f(\sigma)\to\varphi(0), \qquad \to 0,$$

il résulte

$$(3) \qquad a(x)\to\varphi(0), \qquad x\to\infty,$$

toutes les fois que

$$(4) \qquad \liminf_{x=\infty}\{a(x')-a(x)\}\geqq -w(h)\to 0 \text{ avec } h,$$

pour tout x' *de l'intervalle* $\{x, (l+h)x\}$,
correspond le théorème du second groupe :

Lorsque, quel que soit $\mu>0$,

$$(5) \qquad f(\sigma+it)\to\varphi(t) \quad \text{pour presque tout} \quad |t|<\mu, \qquad \sigma\to 0,$$

de telle sorte que

$$(6) \qquad \int_{-\mu}^{+\mu} f(\sigma+it)\,dt\to\int_{-\mu}^{+\mu}\varphi(t)\,dt, \qquad \sigma\to 0,$$

et lorsque

$$(7) \qquad \frac{1}{\pi}\int_{-\mu}^{+\mu}\frac{\sin xt}{t}\varphi(t)\,dt\to\varphi(0), \qquad x\to\infty,$$

alors, pour en tirer la relation (3), *il suffit que* (4) *soit vérifié pour tout* x' *de l'intervalle* $\{x, x+h\}$.

On voit que c'est la longueur de l'intervalle des x', pour lesquels la condition auxiliaire (4) doit être vérifiée, qui fait ressortir l'effet produit lorsque l'hypothèse (2) est remplacée par les hypothèses (5), (6) et (7).

On peut ajouter encore à ces deux théorèmes un théorème intermédiaire de la forme suivante :

Les conditions (5) *et* (6) *ayant lieu pour un* μ *fixe, de*

$$\int_{-\mu}^{+\mu}\frac{\sin xt}{t}\varphi(t)\,dt=o(1), \qquad x\to\infty,$$

et de

$$a(x')-a(x)>o(1), \qquad \textit{pour tout } x\leqq x'\leqq x+h,\ x\to\infty,$$

il résulte

$$a(x) = o(1), \qquad x \to \infty. \text{»}$$

Quant à la démonstration des deux derniers théorèmes, elle repose en principe sur la méthode donnée par Wiener, complétée en plusieurs points [1], et qui sera exposée dans un autre Recueil.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les séries de Fourier* [2].
Note de M. **Raphaël Salem**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Nous nous proposons de déterminer la condition nécessaire et suffisante pour que, les ρ_n étant donnés, la série trigonométrique

$$\sum_{n=1}^{\infty} \rho_n \cos(nx - \alpha_n) \tag{1}$$

soit une série de Fourier *quels que soient les* α_n. La convergence de la série $\Sigma\rho_n^2$ est suffisante, d'après le théorème de Fischer-Riesz; nous allons montrer qu'elle est nécessaire.

Lemme. — *Étant donné le polynome trigonométrique*

$$f(x) = \sum_{p=1}^{n} r_p \cos(px - \alpha_p),$$

où les r_p sont fixes et les α_p variables, on peut toujours choisir les α_p de façon que l'on ait

$$\int_0^{2\pi} |f(x)|\,dx > C\sqrt{r_1^2 + r_2^2 + \ldots + r_n^2},$$

C *étant une constante absolue, indépendante des r_p et de n.*

Pour le prouver, il suffit de rendre minimum l'intégrale $\int_0^{2\pi} f^4\,dx$ considérée comme fonction des α_p. Un procédé que nous avons indiqué [3] conduit pour ce minimum à l'inégalité

$$\int_0^{2\pi} f^4\,dx \leqq 3\pi(r_1^2 + r_2^2 + \ldots + r_n^2)^2.$$

---

[1] En particulier lorsque la fonction $f(s)$ est régulière au point $s = 0$.

[2] *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1951, et **197**, 1933, p. 16. Nous appelons *série de Fourier* une série trigonométrique dont les coefficients sont donnés par les formules d'Euler-Fourier appliquées à une fonction *sommable* au sens de M. Lebesgue.

[3] *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1776.

D'autre part, d'après le théorème de Schwarz-Hölder,

$$\int_0^{2\pi} f^2\,dx < \left(\int_0^{2\pi} |f|\,dx\right)^{\frac{2}{3}} \left(\int_0^{2\pi} f^4\,dx\right)^{\frac{1}{3}},$$

d'où l'on tire alors

$$\int_0^{2\pi} |f(x)|\,dx > \frac{\pi}{\sqrt{3}}\sqrt{r_1^2+r_2^2+\ldots+r_n^2}.$$

Ce lemme étant démontré, supposons que la série (1) soit une série de Fourier quels que soient les α_n et supposons que la série $\Sigma\rho_n^2$ diverge. On peut alors trouver des entiers $n_1, n_2, \ldots, n_k, \ldots$, croissant indéfiniment, tels que les nombres

$$R_0 = \sum_{p=1}^{p=n_1} \rho_p^2, \qquad R_1 = \sum_{p=n_1+1}^{p=n_2} \rho_p^2, \qquad \ldots, \qquad R_k = \sum_{p=n_k+1}^{p=n_{k+1}} \rho_p^2, \qquad \ldots$$

croissent indéfiniment avec k. Les n_k étant ainsi fixés, on peut, d'après le lemme, dans chaque polynome trigonométrique

$$P_k = \sum_{p=n_k+1}^{p=n_{k+1}} \rho_p \cos(px - \alpha_p),$$

choisir les α_p de façon que l'on ait

$$(2) \qquad \int_0^{2\pi} |P_k|\,dx > \frac{\pi}{\sqrt{3}}\sqrt{R_k}.$$

Soient $\alpha_1^0, \alpha_2^0, \ldots, \alpha_n^0, \ldots$ les α_p ainsi déterminés. La série

$$\Sigma\rho_n \cos(nx - \alpha_n^0)$$

est une série de Fourier et reste, par hypothèse, une série de Fourier quand on change arbitrairement les signes de certains ρ_n (puisque cela revient à changer α_n^0 en $\alpha_n^0 + \pi$). Or, si nous désignons par $\varphi(x)$ une fonction dont la série de Fourier est une quelconque des séries $\Sigma \pm \rho_n \cos(nx - \alpha_n^0)$, nous avons démontré (¹) que l'intégrale $\int_0^{2\pi} |\varphi(x)|\,dx$ est inférieure à un nombre fixe B, *indépendant des signes des* ρ_n. Mais

$$2P_k = \varphi_1 + \varphi_2,$$

(¹) *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1951; **197**, 1933, p. 16.

φ_1 et φ_2 étant deux fonctions φ : donc l'intégrale $\int_0^{2\pi} |P_k| \, dx$ serait inférieure à B quel que soit k, ce qui est en contradiction avec l'inégalité (2) puisque R_k croît indéfiniment avec k. La série $\Sigma\rho_n^2$ ne peut donc diverger. D'où la proposition suivante :

On ne peut énoncer, en dehors de la condition de convergence de la série $\Sigma\rho_n^2$, aucune autre condition qui soit indépendante des α_n et qui soit suffisante pour que la série $\Sigma\rho_n \cos(nx - \alpha_n)$ soit une série de Fourier.

Ou encore :

Si, les ρ_n étant donnés, la série $\Sigma\rho_n^2$ diverge, il existe toujours des α_n tels que la série $\Sigma\rho_n \cos(nx - \alpha_n)$ ne soit pas une série de Fourier.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les équations aux dérivées partielles à deux variables indépendantes de la forme* $\mathcal{F}[\mathcal{G}(z)] = 0$. Note de M. G. Cerf, présentée par M. Hadamard.

Dans des travaux récents, M. Hadamard s'est occupé des équations linéaires aux dérivées partielles, à deux variables indépendantes, dont le premier membre est décomposable symboliquement en un produit de deux facteurs, telles que (1) :

$$\mathcal{F}[\mathcal{G}(z)] = 0. \tag{1}$$

En particulier, il a énoncé que si les deux opérateurs $\mathcal{F}$ et $\mathcal{G}$ sont permutables et si les formes caractéristiques des deux équations (2) et (3)

$$\mathcal{F}(z) = 0, \tag{2}$$
$$\mathcal{G}(z) = 0 \tag{3}$$

n'ont pas de facteurs communs, toute solution de (1) doit pouvoir se mettre sous la forme $v + w$, v et w étant respectivement solutions de (2) et (3).

Le but de cette Note est d'indiquer une méthode de démonstration et une généralisation de cette proposition.

On peut énoncer comme il suit un résultat connu [1] : Étant donné les deux équations linéaires (2) et (3), d'ordre m et n respectivement, du système des équations obtenues par leurs dérivations on peut déduire, sauf des cas tout à fait exceptionnels, par de simples calculs algébriques, un

[1] *Comptes rendus*, 169, 1919, p. 613.

système S d'ordre $m+n-1$, complètement intégrable sous la seule condition que (4) :

$$\mathcal{F}[\mathcal{G}(z)] - \mathcal{G}[\mathcal{F}(z)] = 0. \tag{4}$$

en soit une conséquence algébrique, autrement dit que le premier membre de (4) soit une combinaison linéaire des premiers membres des équations de (S). On ne suppose pas que les équations (2) et (3) n'admettent pas de directions de caractéristiques communes; les conditions imposées aux coefficients de $\mathcal{F}$ et $\mathcal{G}$ sont telles que l'existence des solutions de (S) soit assurée si la condition d'intégrabilité est vérifiée.

Cela posé, toute solution de (1) est solution d'une équation (3′)

$$\mathcal{G}(z) = u, \tag{3′}$$

u étant une solution de (2) et réciproquement. Or, on montre facilement que si u est telle qu'il vient d'être dit, et si $\mathcal{F}$ et $\mathcal{G}$ sont permutables, le système S, déduit de

$$\mathcal{F}(z) = 0, \qquad \mathcal{G}(z) = u,$$

est complètement intégrable. Une solution au moins de (3′) est donc solution de (2), soit v; mais (3′), c'est (3) avec second membre, donc toute solution de (3′) est de la forme $v+w$, w étant une solution quelconque de (3); et réciproquement.

Pour que la proposition soit vraie, il suffit d'ailleurs que l'équation (2) se transforme en elle-même par la transformation $\theta = \mathcal{G}(z)$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Structure des équations aux dérivées partielles du premier ordre à une fonction inconnue.* Note de M. **D. Michnevitch**, présentée par M. Henri Villat.

La résolution du problème, sur la formation des équations en question, moyennant les intégrales données des caractéristiques, est basée sur les deux théorèmes suivants, que l'on démontre indépendamment de la théorie des équations aux dérivées partielles :

1° *Le groupe fonctionnel de l'ordre de* $n+\rho$ $(\rho \leqq n-1)$, *à* $2n$ *variables canoniques, admet au plus* n *fonctions en involution;*

2° *Le groupe fonctionnel de l'ordre* $n+\rho$, *à* $2n$ *variables canoniques, admet* $n-\rho$ *fonctions distinguées.*

Cela posé, considérons la suite de r fonctions

$$f_1,\quad f_2,\quad \ldots,\quad f_r \tag{1}$$

à $2n$ variables canoniques $x_1, x_2, \ldots, x_n, p_1, p_2, \ldots, p_n$. F désignant la fonction caractéristique de l'équation cherchée aux dérivées partielles du premier ordre $p_1, p_2, \ldots, p_n$ de la fonction inconnue z prises respectivement par rapport aux variables $x_1, x_2, \ldots, x_n$, il s'agit de définir la valeur de F de telle manière que les fonctions (1) soient les intégrales de l'équation linéaire aux dérivées partielles correspondante des caractéristiques.

Formulons les résultats obtenus comme suit :

Théorème I. — *Si* $r \equiv 2n-1$, *les fonctions* (1) *formant un système canonique des intégrales, la fonction caractéristique requise représente une fonction arbitraire de celle des intégrales* (1) *qui est en involution avec toutes les autres.*

Théorème II. — *Si* $r \equiv 2n-1$, *les fonctions* (1) *engendrant un groupe fonctionnel, la fonction caractéristique cherchée représente une fonction arbitraire de la fonction distinguée du groupe considéré, défini par l'intégration du système complet* [1],

$$\sum_{\sigma=1}^{2n-1} \alpha_{s\sigma} \frac{\partial f}{\partial f_\sigma} = 0 \qquad (s = 1, 2, \ldots, 2n-2),$$

$\alpha_{s\sigma}$ *désignant les parenthèses de Poisson* (f_s, f_σ).

Théorème III. — *Les conditions du précédent théorème II sont non seulement suffisantes, mais aussi nécessaires pour la composition de la fonction caractéristique cherchée.*

Théorème IV. — *Si* $r \equiv 1$, *la fonction caractéristique correspondante existe toujours, en représentant une fonction arbitraire de* $2n-1$ *arguments définis par l'intégration de l'équation linéaire aux dérivées partielles*

$$(f_1, f) = 0.$$

Théorème V. — *Si* $r \leqq n-1$, *les intégrales* (1) *étant en involution, la fonction caractéristique requise représente une fonction arbitraire de* $2n-r$ *arguments, que l'on obtient en intégrant le système linéaire complet de* r *équations*

$$(f_i, f) = 0 \qquad (i = 1, 2, \ldots, r).$$

---

(1) N. Saltykow, *Méthodes modernes d'intégration des équations aux dérivées partielles du premier ordre à une fonction inconnue*, Chap. III, n° 17 (*Mémorial des Sciences mathématiques*, fasc. sous presse, Paris, Gauthier-Villars).

THÉORÈME VI. — *Si les intégrales* (1) *engendrent un groupe fonctionnel, dont l'ordre est* $n+\rho$, ρ *étant moindre que* n, *cette dernière condition est non seulement suffisante, mais aussi nécessaire pour l'existence de la fonction caractéristique cherchée. Cette dernière représente une fonction arbitraire de* $n-\rho$ *arguments qui s'obtiennent, grâce à l'intégration du système complet de* $n+\rho$ *équations linéaires aux dérivées partielles*

$$(f_i, f)=0 \qquad (i=1, 2, \ldots, r, r+1, \ldots, n+\rho),$$

les intégrales $f_{r+1}, f_{r+2}, \ldots, f_{n+\rho}$ *désignant celles qu'il faudrait adjoindre à la suite* (1) *pour en tirer le groupe fonctionnel en question.*

Considérant par exemple deux intégrales $x_1^2+x_2^2$ et $p_1^2+p_2^2$ engendrant un groupe de l'ordre 3. La fonction caractéristique en question devient

$$F \equiv \Psi(x_1 p_2 - x_2 p_1),$$

Ψ désignant une fonction arbitraire.

Au contraire, les deux intégrales $x_1^3+x_2^3$ et $p_1^3+p_2^3$ engendrant un groupe de l'ordre 4 ne produisent aucune équation aux dérivées partielles du premier ordre.

THÉORÈME VII. — *Si les intégrales* (1) *engendrent un groupe, impliquant un sous-groupe de m fonctions* $f_k(x_1, x_2, \ldots, x_\alpha, p_1, p_2, \ldots, p_\beta)$; $(k=1, 2, \ldots, m, \alpha+\beta\equiv m)$ *distinctes par rapport aux m variables* $x_1, x_2, \ldots, x_\alpha$; $p_1, p_1, \ldots, p_\beta$, *la fonction caractéristique correspondante ne dépendra point de ces dernières variables.*

Il est aisé encore d'étudier le problème posé, d'une autre manière, en partant d'un système d'équations différentielles ordinaires à coefficients arbitraires. En l'identifiant à celui des équations différentielles des caractéristiques, on en tire les conditions nécessaires et suffisantes pour définir la fonction caractéristique cherchée.

Les considérations exposées permettent de généraliser, à un nombre quelconque de variables, le problème classique de Charpit sur les formes intégrables d'équations aux dérivées partielles. On obtient, de plus, une méthode générale pour résoudre les problèmes comme celui sur les intégrales des géodésiques exposé par G. Darboux ([1]), ou celui résolu par M. N. Saltykow, sur la forme des équations admettant les intégrales de S. Lie ([2]).

([1]) G. DARBOUX, *Leçons sur la Théorie générale des surfaces*, 3.

([2]) O. SALTYKOW, *Méthodes classiques d'intégration des équations aux dérivées partielles du premier ordre.* Paris, Gauthier-Villars, 1931, Chap. V, n° 27 (*Mémorial des Sciences mathématiques*, fasc. L).

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur un principe de diminution de la résistance à l'avancement d'un corps dans un fluide.* Note [1] de M. S. **Nikitine**, présentée par M. Henri Villat.

L'énergie perdue dans le sillage tourbillonnaire et dans la couche limite étant proportionnelle à la densité du fluide, on peut espérer diminuer la résistance qu'il oppose à l'avancement d'un corps en diminuant sa densité dans la couche limite et dans le sillage.

Cette diminution peut être réalisée de différentes façons, dont deux pourraient éventuellement conduire à des applications : 1° soit chauffer l'air autour d'un obstacle aérodynamique, soit injecter des gaz chauds ou de densité moindre que l'air dans la couche limite ; 2° injecter de l'air autour d'un corps se déplaçant dans l'eau. J'ai entrepris l'étude du dernier cas dès le début de l'année dernière et j'en donne ici quelques-uns des premiers résultats.

J'ai effectué des mesures dynamométriques sur un cylindre circulaire ($R = 15^{mm}$, $h = 20^{mm}$) et sur une aile cylindrique, dissymétrique biconvexe (70^{mm} de profondeur, 10^{mm} d'épaisseur, 20^{mm} de largeur). Ces obstacles étaient placés entre deux glaces parallèles d'un tunnel hydrodynamique fermé, à écoulement horizontal, ayant 20×120^{mm} de section (la plus grande longueur étant verticale) et alimenté par la conduite de la ville.

Tant que son débit est faible, l'air injecté dans le sillage se résout en petites bulles qui y tourbillonnent. Mais à partir d'un certain débit, l'air injecté chasse entièrement l'eau du sillage et vient occuper derrière l'obstacle un domaine délimité par une surface nette et souvent stationnaire, qui rappelle, au voisinage de l'obstacle, *l'aspect* des surfaces de discontinuité de la théorie de Helmholtz. Toutefois il est important de noter que la forme de ce domaine est influencée par la poussée résultant de la grande différence de densité de l'eau et de l'air et, dans certains cas, diffère très notablement de la forme hydrodynamique de moindre résistance [2].

1° *Mesures sur le cylindre circulaire.* — L'injection se fait par deux rangées de trous ($0^{mm},8$), disposées suivant deux génératrices et à 45° en aval du diamètre vertical. Pour des débits d'air faibles les bulles qui se forment dans le sillage y diminuent la densité moyenne. *La résistance s'en trouve diminuée* d'autant plus que le débit est plus grand, mais atteint une limite et reste constante pour des débits grands.

---

(1) Séance du 16 octobre 1933.

(2) M. Luntz, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 439.

Cette limite correspond à la formation de la traînée d'air en aval, qui vient chasser l'eau du sillage. La traînée se termine par une petite plage de déferlement où elle se résout subitement en bulles. Quand la traînée est formée, l'augmentation du débit ne peut qu'éloigner cette plage de l'obstacle sans diminuer pratiquement la résistance. La limite de diminution de la résistance est fonction de la vitesse. La courbe de la

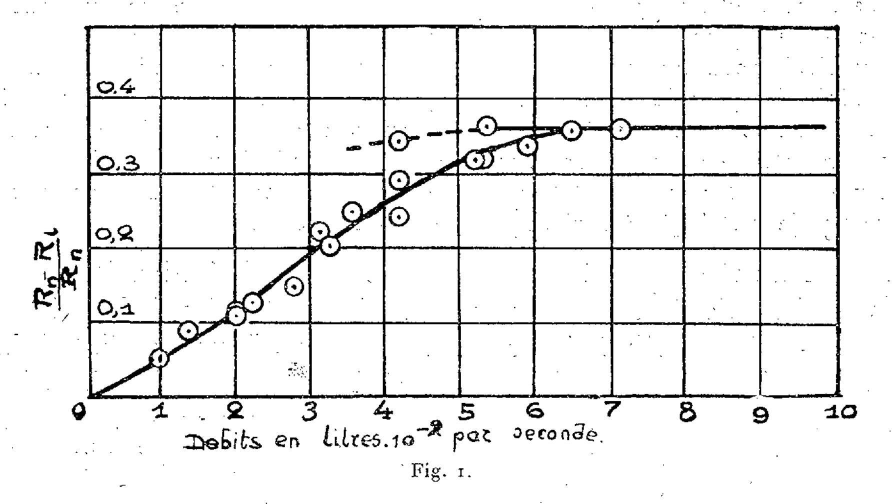


Fig. 1.

figure 1 donne la variation avec le débit du rapport de la résistance diminuée par injection à la résistance normale pour une vitesse de 137 cm/s. *On constate que ce rapport atteint* 0,36 *pour cette vitesse.*

2° *Mesures sur l'aile cylindrique.* — L'injection se fait par deux fentes disposées suivant deux génératrices de l'aile cylindrique, l'une sur l'extrados, l'autre sur

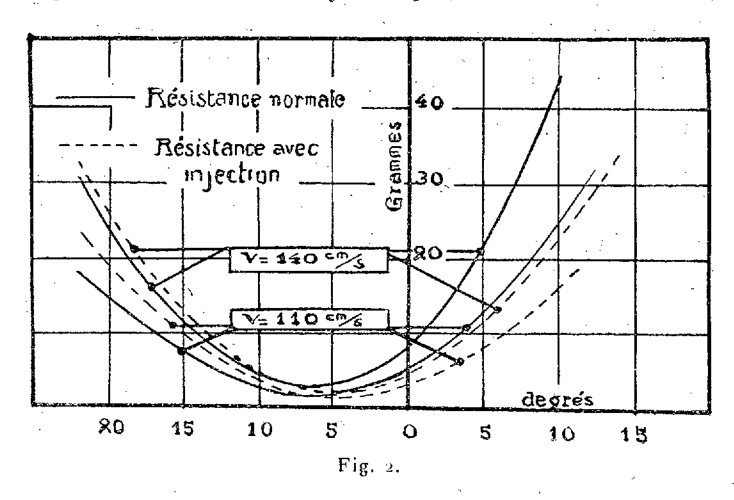


Fig. 2.

l'intrados, très près du bord d'attaque : *a*. Pour des incidences positives et injection sur l'extrados, la traînée d'air est très fortement influencée par la poussée; elle se ter-

mine par une longue plage de déferlement très turbulente. L'écoulement autour de l'aile est à tel point perturbé que *la résistance s'en trouve augmentée de plus de deux fois*; *b*. Par contre, pour des incidences négatives et injection sur l'intrados, la traînée est très effilée et présente des surfaces remarquablement lisses. Elle se termine par une pointe fine qui se sectionne régulièrement en bulles sans montrer de turbulence. Le débit est faible, $< 0{,}01$ l/s. La traînée peut d'ailleurs subsister une minute sans être alimentée. Le régime précédant la formation de la traînée s'étend à une zone de débit négligeable. Les courbes de la figure 2 donnent la résistance avec injection sur l'intrados et sans injection pour des vitesses de 110 cm/s et 140 cm/s en fonction de l'angle d'incidence (¹). *On constate une diminution moyenne de la résistance de* $\sim$ 29 pour 100 *pour* 110 cm/s et $\sim$ 42 pour 100 *pour* 140 cm/s pour les incidences négatives.

Naturellement tous ces résultats numériques ne se rapportent qu'aux conditions de mesures où je m'étais placé et n'ont pas une portée générale.

Dans le cas où la poussée ne vient pas perturber l'injection dans un sens défavorable, celle-ci produit donc une notable diminution de la résistance. Elle ne peut être attribuée à aucun effet cinétique. Pour des débits faibles, elle tient uniquement au principe énoncé. Pour des grands débits, il y a formation d'une traînée formant en quelque sorte par cela même une carène, qui, d'ailleurs, est plus favorable qu'une carène solide, car il n'y a pas de frottement le long de sa surface.

La résistance de frottement, que je me propose d'étudier prochainement, doit sans doute être aussi diminuée.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur l'évolution des régimes d'écoulement entre glaces parallèles en fonction de leur écartement.* Note [2] de M. L. **Sackmann**, présentée par M. Henri Villat.

J'ai signalé dans deux récentes Communications [3], les particularités intéressantes que présente un écoulement entre glaces parallèles. A côté des phénomènes complexes en amont des obstacles, le décollement est une fonction compliquée des données générales du problème, à savoir : dimensions géométriques et vitesses d'écoulement. J'ai déjà étudié [3] la variation de l'angle de décollement pour un tunnel et un obstacle donnés en fonction de la vitesse.

(¹) Les points expérimentaux n'y sont pas portés pour en rendre la lecture plus facile.

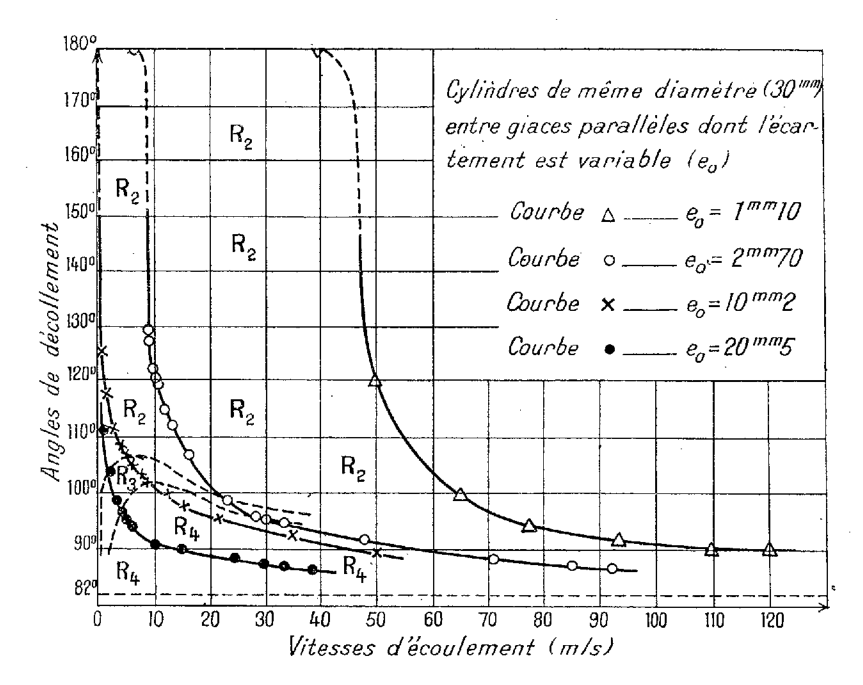
(²) Séance du 16 octobre 1933.

(³) R. Thiry et L. Sackmann, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 759; L. Sackmann, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1716.

Le but que je me propose aujourd'hui est de rechercher dans quelle mesure les écoulements entre glaces parallèles peuvent être l'image approchée des phénomènes cylindriques en liquide indéfini.

Voici l'ensemble des résultats de mesures faites pour le même obstacle pour différents écartements : $0^{cm},11$; $0^{cm},27$; $1^{cm},02$; $2^{cm},05$.

Ces résultats sont condensés sur le graphique ci-dessous qui donne les variations de l'angle de décollement (mesuré à partir du point de bifurcation amont) en fonction de la vitesse.



L'étude de ce graphique permet de tirer les conclusions suivantes :

1° Quel que soit l'écartement des glaces choisi, les courbes de décollement ont toujours la même allure, c'est-à-dire : décollement nul (régime de Stokes, $\theta = 180°$) pour les vitesses faibles, asymptote commune pour les vitesses fortes (droite $\theta = 82°$, angle de décollement théorique déduit de la théorie de la couche limite).

2° On peut toujours atteindre les régimes extrêmes (vitesses lentes et vitesses fortes) et par conséquent réaliser d'une façon continue tous les décollements entre 82° et 180°.

3° Au fur et à mesure que l'écartement des glaces diminue, les forces de viscosité se font de plus en plus sentir, ce qui a non seulement pour effet

d'influencer les angles de décollement, mais encore les vitesses critiques de passages entre les différents régimes d'écoulement.

Nous avons également porté sur le graphique les courbes de transition entre ces différents régimes :

R_1, régime de Stokes (représenté par la droite $\theta = 180^\circ$) ;
R_2, régime des tourbillons fixes ;
R_3, régime intermédiaire des tourbillons symétriques ;
R_4, régime des tourbillons alternés se terminant par le régime des sillages ouverts.

C'est ainsi que dans un tunnel à grand écartement, le régime de Stokes n'a lieu que pour des vitesses extrêmement faibles (quelques millimètres par seconde pour l'obstacle de 3^{cm} de diamètre) tandis qu'avec l'écartement de $2^{mm},7$ ce régime se conserve jusqu'à une vitesse voisine de 6,4 cm/sec. Il en est de même des autres vitesses de transition entre les régimes.

4° Quand on augmente l'écartement des glaces, il devient très difficile d'éviter le décollement et même d'obtenir des angles de décollement notablement différents de 82°, ce qui permet de supposer que pour de grands écartements la courbe de décollement tend asymptotiquement vers la droite $\theta = 82^\circ$ et l'axe des ordonnées.

Dans un tel écoulement, se rapprochant d'un phénomène cylindrique en liquide illimité, — on se trouve dans une expérience commune sur la partie horizontale de la courbe (θ voisin de 82°) tandis que dans un écoulement mince on est dans la plupart des cas sur la branche supérieure de la courbe de décollement (θ voisin de 180°).

Ces deux sortes d'écoulement sont donc en apparence d'aspects très différents.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Le phénomène de striation de la couche limite.* Note de M. **D. Riabouchinsky**, présentée par M. Henri Villat.

Lorsqu'on place dans un courant d'air de faible vitesse (3-5 m/s) un corps dont la surface est saupoudrée de poudre de lycopode, et qu'on donne à ce corps un ébranlement vif, on voit se dessiner dans le lycopode des stries se confondant avec les lignes de courant, ainsi que d'autres empreintes plus complexes. Ces figures rappelant quelque peu les spectres magnétiques, je les ai appelées [1] *spectres aérodynamiques*.

(1) *Bulletin de l'Institut aérodynamique de Koutchino*, fasc. III, 1909, p. 59.

Cette méthode a permis d'obtenir une documentation, très riche en détails, sur ce qui se passe dans le voisinage immédiat des parois, mais il restait à *déchiffrer* ces empreintes.

La première interprétation des stries était basée sur l'expérience suivante : en saupoudrant un plateau horizontal de poudre de lycopode et en donnant à ce plateau une série d'ébranlement en air calme, j'ai constaté que le lycopode, sous l'influence des forces capillaires, se rassemblait en gouttelettes isolées, j'en concluais que la striation pouvait bien être déterminée par la formation de pareilles gouttelettes, mais fortement allongées dans le sens du courant. Cette hypothèse a été discutée mathématiquement par Joukowski.

Il faut remarquer cependant qu'un ébranlement unique en air calme détermine l'apparition non pas de gouttelettes isolées, mais, comme je l'ai constaté récemment, d'une configuration rappelant celle des tourbillons cellulaires de convection de M. H. Bénard. Cette analogie se précise dans un courant, la striation observée par M. Journaud ([1]) dans un fluide en mouvement chauffé par-dessous rappelle celle des spectres aérodynamiques.

Un examen plus attentif de mes spectres me conduisit à interpréter les stries comme étant dues à des formations tourbillonnaires en bande, se confondant avec les lignes de courant, et dépendant ([2]) du nombre de Reynolds, ce qui revient à dire que, lorsque le mouvement devient instable, une perturbation harmonique, orthogonale aux lignes de courant du mouvement laminaire, sectionne la couche limite en tourbillons en bandes, dont les axes se confondent, à l'instant initial, avec ces lignes de courant.

En raison de ces remarques et quelques autres observations, j'ai été conduit ([3]) à formuler l'hypothèse que le criterium du changement de régime et l'interprétation de la turbulence devaient être cherché dans la modification de la configuration tourbillonnaire dans la couche limite. En me basant sur cette hypothèse, j'ai réalisé un appareil devant servir de *modèle* du mécanisme de changement de régime et de la turbulence. Cet appareil permet d'observer le phénomène curieux d'un mouvement giratoire du fluide autour d'un axe orthogonal à celui de la girouette qui *joue le rôle* de la viscosité et entretient ce mouvement giratoire.

Pour étendre ma méthode des spectres à des vitesses plus considérables

---

([1]) PIERRE LÉGLISE, *L'Aéronautique*, n° 166, 1933, p. 60.

([2]) *C. R. IIe Congrès intern. Mécanique appliquée*, Zurich, 1926, p. 513.

([3]) *C. R. IIIe Congrès intern. Navigation aérienne*, Bruxelles, 2, 1925, p. 177-205.

(50 m/s), J. Weick ([1]) remplaça la poudre de lycopode par une mince couche de peinture (mélange de noir de fumée et de kérosine). A. Hinderks ([2]) et J. Winter ([3]) obtinrent des spectres d'une remarquable finesse dans un courant d'eau en utilisant de minces couches de couleur à l'huile.

Lorsqu'on utilise une couche de peinture, le phénomène peut dépendre des nombres de Reynolds des deux fluides en contact et des forces capillaires. Dans certains cas, on a l'impression que ce sont des gouttelettes de peinture, formées et chassées par le courant, qui *dessinent* les spectres, mais la répartition si régulière des bandes de peinture doit être cherchée dans l'instabilité mentionnée plus haut. Il serait aussi intéressant de discuter les anciennes recherches de Worthington ([4]) sur les configurations que prennent les gouttes liquides en chute libre lorsqu'elles s'écrasent contre un obstacle.

La *méthode des rivets* de M. Barillon ([5]) ne décèle pas le phénomène de la striation ; cela tient, peut-être, à ce qu'elle n'enregistre que des mouvements moyens dans un intervalle de temps assez long.

Dans le but de permettre de voir les mouvements dans la couche limite aux vitesses dépassant celle du son, j'ai placé des obstacles, recouverts d'une couche de peinture à l'huile, dans le jet d'une soufflerie à grande vitesse. Dans un courant d'environ 450 m/s, la vitesse des bandes de peinture, entraînées par le courant, est de quelques centimètres par seconde, et il suffit d'une seconde à peu près pour obtenir un spectre, dont la finesse égale celle des spectres de Hinderks, ces derniers ne se dessinant nettement qu'au bout de 5 à 10 minutes.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur les spectres aérodynamiques aux vitesses suprasonores.* Note de M. V. **Volkovisky**, présentée par M. Henri Villat.

Les recherches exposées ci-après se rapportent à l'étude de la couche limite d'un fluide visqueux animé d'une très grande vitesse.

([1]) *Technical Notes, N. A. C. A.*, n° 260, Washington, 1927, p. 2.

([2]) *Z. Vereines Deuts. Ingenieure*, 71, 1927, p. 1797; *Die Bautechnik*, H. 11, p. 2.

([3]) *Hydraulic Laboratory Practice*, J. R. Freeman, New-York, 1929, p. 831.

([4]) *Proc. of the Royal Society*, 25, 1877, p. 261.

([5]) *Recherches et Inventions*, Paris, 11, n° 185, février 1930, p. 32.

Dans une expérience réalisée à l'Institut de Mécanique des fluides, M. Riabouchinsky montra qu'en plaçant dans le jet d'une soufflerie suprasonore un obstacle recouvert d'une mince couche de peinture à l'huile, on constate à la surface de ce dernier l'apparition de stries analogues à celles qu'il avait obtenues aux petites vitesses avec de la poudre de lycopode.

Nous nous sommes efforcé d'étudier l'effet d'un jet d'air à des vitesses supérieures à la célérité du son, sur un obstacle plan disposé parallèlement au jet.

A la sortie de la tuyère de la soufflerie, nous avons fixé horizontalement et dans l'axe de la tuyère une plaque mince en verre de $1^{mm},5$ d'épaisseur. Le jet d'air rencontrant le bord de la plaque se trouve ainsi divisé en deux courants qui balaient les deux côtés de la surface séparatrice. Si l'on étend une couche mince d'encre de Chine sur l'un des côtés de la plaque, il s'y forme sous l'action du jet tout un réseau de courbes régulières dont nous reproduisons ici quelques photographies.

La pression initiale dans le réservoir d'air comprimé de la soufflerie étant de 5^{kg}, une série d'expériences a été réalisée en utilisant une tuyère convergente-divergente de section circulaire (diamètre d'étranglement, 25^{mm}; diamètre de sortie, $27^{mm},5$).

En déplaçant la plaque dans son plan à l'aide d'un chariot mobile, nous avons enregistré la variation des spectres en fonction de la distanee d entre la tuyère et le bord d'attaque.

Les résultats obtenus sont les suivants : $d = 0$ (*fig*, 1), on voit se former au voisinage du bord d'attaque une région tourbillonnaire; $d = 20$ (*fig*. 2), la région tourbillonnaire disparaît, un faisceau de courbes sensiblement convergentes recouvre la surface balayée par le jet; $d = 35$ (*fig*. 3), il se forme à la surface une large bande ondulée présentant des ventres et des nœuds également espacés. La plaque s'éloignant de la tuyère, les trois phases, précédemment décrites, se répètent dans le même ordre à l'intervalle régulier.

La configuration des spectres aérodynamiques dépend donc, dans ces conditions, non seulement de la forme géométrique de l'obstacle, mais aussi de la distance à laquelle il est placé.

D'autre part nous avons obtenu une série de spectres en faisant varier la pression. Aux pressions initiales inférieures à $4^{kg},5$ le phénomène ne se présente que sous les formes (1), ou (1) et (2) seulement. La bande ondulée (3) ne réapparaît plus.

Il est intéressant de comparer les spectres ondulés aux photographies

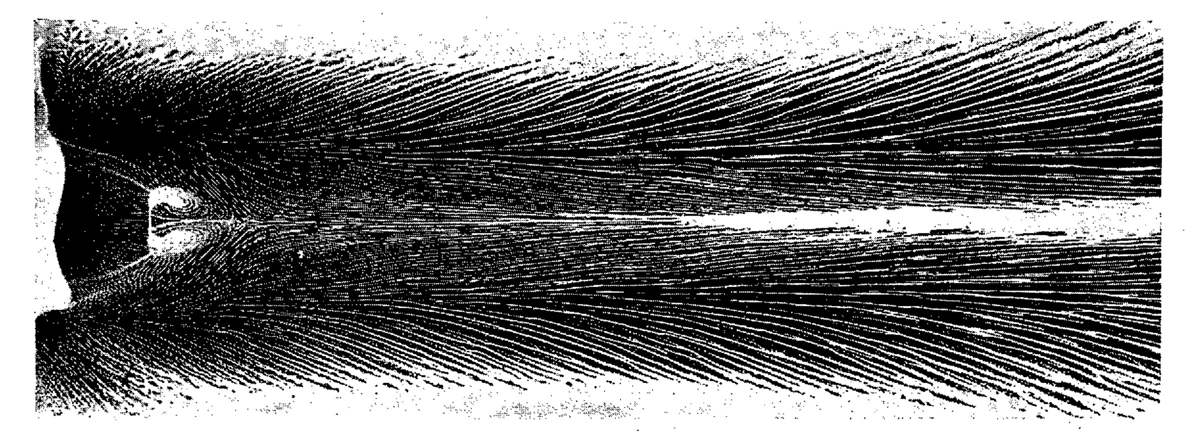


Fig. 1.

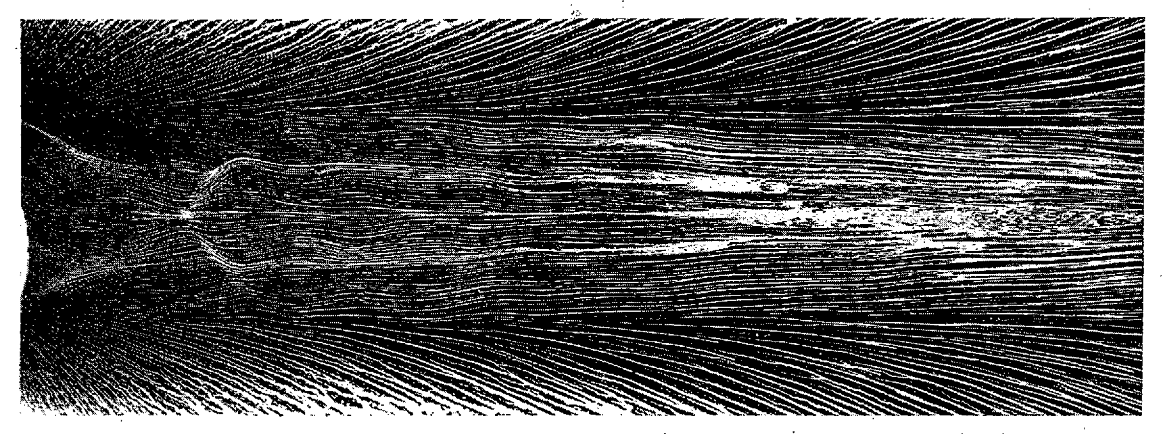


Fig. 2.

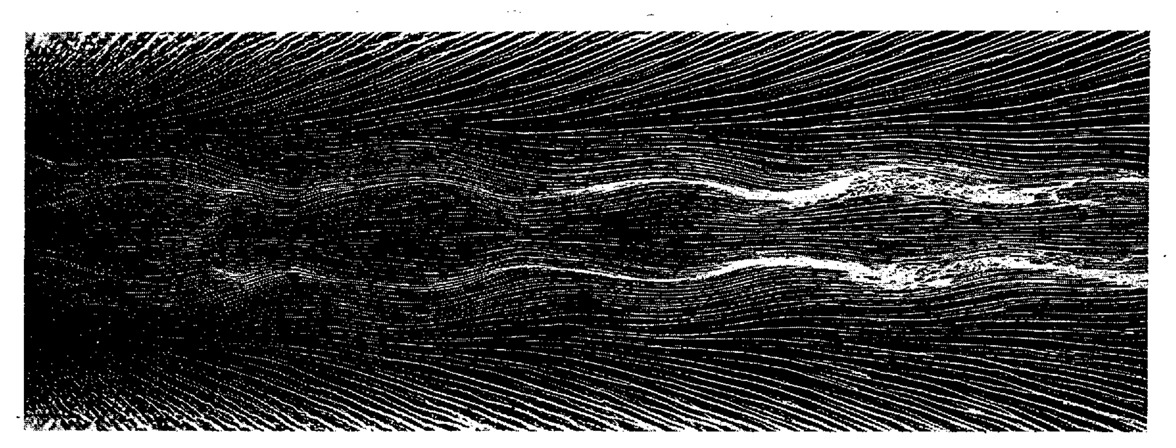


Fig. 3.

d'un jet libre obtenues par Emden et Stanton qui utilisèrent la méthode des ombres de Dvorak.

Enfin on peut noter que les photographies que nous reproduisons ci-contre, ont été obtenues en utilisant comme négatifs les plaques mêmes qui nous ont servi d'obstacles.

ASTRONOMIE STELLAIRE. — *Recherches sur le mouvement des étoiles* A. Note de M. **Ch. Bertaud**, présentée par M. Ernest Esclangon.

1. Il est possible de calculer la vitesse dans l'espace des étoiles dont on possède actuellement les valeurs de la vitesse radiale, du mouvement propre et de la parallaxe.

Ces vitesses spatiales, par rapport au Soleil, ont été calculées pour 527 étoiles dont les types spectraux sont compris entre A0 et F0. Quatre d'entre elles ont été éliminées, comme ayant des vitesses anormalement grandes par rapport à la vitesse moyenne des étoiles A. L'erreur à craindre sur la parallaxe étant généralement importante, j'ai réuni, pour les étoiles envisagées, la plupart des déterminations de cette parallaxe, effectuées depuis 1920.

Ces déterminations ont été comparées, en donnant toutefois la préférence aux méthodes spectroscopiques pour les étoiles les plus éloignées.

Les μ_δ du Preliminary General Catalogue de Boss ont été corrigées comme l'indique Raymond ([1]).

2. Un premier examen des vitesses obtenues fait apparaître l'existence de deux courants importants : celui du Taureau (41 étoiles A) et celui de la Grande Ourse (75 étoiles A). L'ensemble des étoiles A du courant de la Grande Ourse se dirige vers le point de coordonnées équatoriales :

$$A = 284°,8, \qquad D = +0°,5$$

avec la vitesse $V = 28,8$ km/sec (en adoptant pour le Soleil une vitesse de 20 km/sec, vers le point $\alpha = 270°$, $\delta = +30°$).

3. Étant donnée l'importance des courants dans le mouvement des étoiles A et, en général, dans le mouvement des étoiles de type spectral peu avancé, les résultats qui suivent ont été obtenus : 1° pour l'ensemble des étoiles A; 2° pour cet ensemble lorsqu'on a éliminé les courants.

([1]) H. Raymond, *Astron. Journ.*, 36, 1926, p. 129.

4. La vitesse moyenne, changée de signe, d'un groupe d'étoiles est la vitesse du Soleil par rapport à ce groupe d'étoiles. Le Tableau I donne cette vitesse pour les étoiles A.

X_0, Y_0, Z_0 et L_0, B_0 sont les composantes de la vitesse du Soleil et les coordonnées galactiques de l'apex. N et V_0 sont respectivement le nombre des étoiles utilisées et la vitesse du Soleil.

TABLEAU I.

Catégorie.	N.	X_0.	Y_0.	Z_0.	L_0.	B_0.	V_0.
		km/sec	km/sec	km/sec	°	°	km/sec
Ensemble	523	+11,4	+2,7	+5,3	13,3	+24,3	12,9
Ensemble moins les courants	407	+12,9	+3,1	+4,9	13,5	+20,2	14,2

Les étoiles A ont donc une vitesse moyenne faible, de l'ordre de celle des Céphéides. La présence des courants n'influe pas sur la longitude de l'apex, mais seulement sur la latitude et la grandeur de la vitesse, qui ne sont d'ailleurs que légèrement changées.

5. Les caractéristiques de l'ellipsoïde des vitesses, que j'ai déterminées par la méthode des moments, figurent dans le Tableau II, qui donne la longueur des demi-axes et leur direction en coordonnées galactiques.

TABLEAU II. — *Ellipsoïde des vitesses des étoiles* A.

		Grand axe			Axe moyen			Petit axe		
Catégorie.	N.	L.	B.	*a.*	L.	B.	*b.*	L.	B.	*c.*
		°	°	km/sec	°	°	km/sec	°	°	km/sec
Ensemble	523	171	+3	17,7	81	+5	8,6	292	+85	7,0
Ensemble moins les courants	407	179	−3	14,6	89	−1	9,2	168	+87	7,4

Le grand axe et l'axe moyen sont sensiblement dans le plan galactique; le petit axe est donc presque perpendiculaire à ce plan. Le grand axe est égal au double de l'axe moyen lorsqu'on prend l'ensemble des étoiles. Sa longueur diminue quand on élimine les courants mais, dans les deux cas, l'ellipsoïde est sensiblement de révolution autour du grand axe.

La proportion du nombre des vitesses dirigées suivant les trois axes est 55,4 : 6,4 : 3,4 pour l'ensemble et 31,1 : 7,8 : 4,0, pour l'ensemble moins les courants.

PHYSIQUE SOLAIRE. — *Sur les répercussions terrestres des variations de l'activité solaire.* Note de M. **Albert Nodon**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Pendant les périodes de minimum de taches, telles que celles que nous traversons actuellemeut, les troubles électromagnétiques et les perturbations atmosphériques ne diffèrent guère de celles qu'on observe pendant les périodes de maximum solaire. Il paraît donc probable que, si l'origine de ces perturbations réside réellement dans l'action solaire, ce n'est pas dans l'action des taches ou des facules qu'on doit la rechercher, mais dans d'autres causes solaires.

Marchand en 1888, puis M. Deslandres et M. d'Azambuja ont constaté que certaines perturbations solaires, échappant aux observations habituelles sont accompagnées de troubles magnétiques importants, principalement pendant leur passage au méridien central. Les foyers de perturbations solaires sont situés dans une zone comprise entre la latitude de 40° et de —40°; ils sont placés le plus souvent à un intervalle de 180°, parfois de 90°. Leur position reste sensiblement constante; leur durée peut atteindre plusieurs années, et leurs retours périodiques ont lieu tous les 27 jours environ.

Pendant les périodes de maxima les foyers sont le plus souvent entourés de facules et de taches; mais ils sont isolés et à peu près invisibles pendant les périodes de minima. Nous avons en outre constaté que leur action peut être décelée à l'aide de diverses méthodes électriques et magnétiques, et que eette action semblait prépondérante en géophysique et en météorologie.

Nous avons mis à l'étude un nouveau mode de prospection électrique, permettant des mesures plus précises, sur les images solaires elles-mêmes. Pendant l'été de l'année 1933, les foyers visibles tels que les taches et les facules, ont été rares, de faible étendue et de courte durée; mais, en revanche, un foyer invisible présenta une grande activité, qui se manifesta principalement en juin et en septembre, sous forme de troubles électromagnétiques et atmosphériques intenses.

Le 13 juin 1933, en effet, nos moyens d'étude habituels, tels que ceux tirés des indications du magnétographe, de l'électromètre, des courants telluriques, des vibrations des conducteurs aériens, de la transmission des ondes électromagnétiques, nous décelèrent la présence d'un foyer très actif au voisinage du méridien central, tandis que l'observation solaire n'indi-

quait pas la présence de foyers *visibles* importants. On observa effectivement, à partir du 14 juin, des perturbations atmosphériques, qui devinrent particulièrement intenses le 16e jour probable du passage au méridien central où les troubles électromagnétiques furent également les plus prononcés. Il se produisit dans les régions du sud-ouest de la France, de violents orages, des tempêtes, des chûtes de grêle et des précipitations extrêmement abondantes, qui s'atténuèrent au bout de plusieurs jours, pour cesser le 25 juin, après le passage du foyer au bord ouest.

Le retour du même foyer, 27 jours après, donna lieu le 13 juin, à des manifestations électromagnétiques beaucoup plus faibles; et les seuls troubles orageux et atmosphériques observés, du 14 au 16 juin, furent peu importants.

Le second retour du 6 août fut caractérisé par une activité plus faible encore et par des perturbations à peine sensibles. Mais le troisième retour de septembre présenta, au contraire, une grande activité comparable à celle de juin. Dans les Pyrénées, les actions électromagnétiques se manifestèrent dans la soirée du 3 septembre. Les perturbations magnétiques, électriques et atmosphériques, furent très importantes le 6 septembre, et allèrent en s'atténuant jusqu'au 14, date du passage au bord ouest. Le beau temps et le calme de l'atmosphère remplacèrent les orages et les perturbations, aussitôt après la disparition du foyer solaire.

En *résumé*, il semble probable qu'on puisse attribuer aux foyers actifs, difficilement observables, la plupart des perturbations électriques, magnétiques et atmosphériques, tandis que l'action de certains foyers visibles, taches ou facules, n'est vraisemblablement attribuable qu'à l'association de ces foyers avec ceux que nous venons de signaler.

Le rôle important que paraissent jouer les foyers actifs dans l'économie terrestre montre l'intérêt d'une étude plus complète de ces régions actives du soleil, et l'utilité que présenterait un nouveau mode d'observation électromagnétique de la surface solaire.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur quelques propriétés générales des résonances dans la mécanique non linéaire.* Note (¹) de MM. **Nicolas Kryloff** et **Nicolas Bogoliùboff.**

Considérons le cas, important pour les applications, d'un système conservatif S qui se trouve en couplage faible avec un autre système conser-

(¹) Séance du 31 juillet 1933.

vatif S′, où ont lieu des oscillations périodiques d'une puissance suffisamment grande pour qu'en étudiant l'action de S sur S′ on puisse négliger la réaction de S′ sur S. L'étude de ce cas se réduit au problème de l'intégration des équations canoniques avec l'hamiltonien $H + \rho H_1$, où H est l'hamiltonien de S, ρH_1 l'hamiltonien perturbateur (provenant de l'interaction de S et S′) qui est une fonction périodique du temps t avec une certaine fréquence α, ρ étant un petit paramètre dont l'ordre de petitesse est celle des forces de l'interaction. Soient w la variable angulaire et J celle d'action qui sont relatives à l'hamiltonien H, donc $H = H(J)$, $H_1 = H_1(J, w, \alpha t)$, où $H_1(J, w, z)$ possède la période 2π par rapport à w et z. En supposant de plus que le système S soit un système non linéaire [de sorte que $H''_{J^2}(J) = 0$], on peut établir, à l'aide des méthodes de la mécanique non linéaire élaborées par les auteurs de cette Note :

1° *L'existence des zones de résonance*

$$\frac{p}{q}\alpha - l_{pq}, \qquad \frac{p}{q}\alpha + l_{pq} \qquad (p = 1, 2, \ldots; q = 1, 2, \ldots),$$

où, en première approximation,

$$l_{pq} = |H''(c)|\sqrt{l(c, w_0)}; \qquad l(c, w_0) = \max_{0 \leqq \theta \leqq 2\pi} \frac{2\rho}{H''(c)}\{\varphi(c, \theta) - \varphi(c, w_0)\};$$

$$\varphi(c, \theta) = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} H_1(c, pt + \theta, qt)\, dt,$$

et où c, w_0 sont respectivement les valeurs initiales de J et de w pour $t = 0$.

2° Quand la fréquence propre du système S, c'est-à-dire $\omega = H'(c)$, *tombe à l'intérieur d'une de ces zones de résonance*, il y a échange des énergies entre les systèmes couplés S et S′ et l'énergie propre du système S. $E = H(J)$ sera une fonction oscillante autour de sa valeur initiale $H(c)$. L'amplitude A de l'oscillation de E se détermine par la relation

$$A = E_{max} - E_{min} = 2\sqrt{\left[\frac{\omega - \frac{p}{q}\alpha}{H''(c)}\right]^2 + M(c, w_0)\, H'(c)},$$

où

$$m(c, w_0) = \max_{0 \leqq \theta \leqq 2\pi} \frac{2\rho}{H''(c)}\{\varphi(c, w_0) - \varphi(c, \theta)\}.$$

De là résulte que l'*amplitude* A *à l'intérieur de la zone de résonance sera de l'ordre de petitesse de* $\sqrt{\rho}$ *et décroît avec l'augmentation de* $H''(c)$ (*c'est-à-dire de la non-linéarité du système*). On trouve de plus $w = p/q\, dt + \theta$

où la phase θ oscille périodiquement autour de w_0 de sorte que la fréquence moyenne de w sera $p/q\,\alpha$ et *c'est ainsi que se produit le phénomène de la synchronisation moyenne*). Quand ω sort de la zone de résonance, la phase θ commence à tourner dans le même sens et une singularité de la même sorte que chez un pendule simple sépare les solutions aux frontières de la zone de résonance. En s'éloignant de la zone de résonance, on trouve

$$A = H'(c)\left\{\sqrt{\left[\frac{\omega - \frac{p}{q}\alpha}{H''(c)}\right]^2 + m(c, w_0)} - \sqrt{\left[\frac{\omega - \frac{p}{q}\alpha}{H''(c)}\right]^2 - l(c, w_0)}\right\},$$

et ceci montre que, loin de la résonance, l'amplitude A sera de l'ordre de ρ et, d'après ce qui précède, *on constate que les phénomènes de résonance non linéaire dépendent essentiellement de la valeur initiale w_0 de la variable angulaire et c'est seulement en s'éloignant de résonance qu'on voit s'affaibiir l'effet de cette dépendance.*

Dans le cas, important pour bien des applications, où l'hamiltonien perturbateur *est une fonction sinusoïdale du temps, les seules résonances notables seront celles de démultiplication* ($p = 1$) *ayant lieu pour la fréquence propre voisine d'un sous-multiple de la fréquence* α. Alors, en dehors de la zone de résonance, il se produit un certain effet analogue à celui de Raman et l'énergie oscille avec les fréquences $n\omega_f$, $n\omega_f + \alpha$, $n\omega_f - \alpha_f$, où ω_f diffère de ω d'une quantité de l'ordre de ρ et où les oscillations de fréquences $n\omega_f - \alpha$ sont plus intenses que celles possédant les fréquences $n\omega_f + \alpha$.

ÉLECTRICITÉ. — *Une nouvelle méthode de mesure de l'écoulement des fluides par l'application des phénomènes thermoélectriques.* Note (¹) de M. **André Égal**, transmise par M. J.-L. Breton.

Pour la mesure du débit des fluides, on connaît un certain nombre de procédés ou dispositifs, tels que les tubes de Pitot, les tubes de Venturi, les moulinets, le fil chaud, les procédés chimiques.

Ces dispositifs exigent une installation d'accès à l'intérieur des canalisations. Pour l'éviter, j'ai pensé qu'il était possible d'appliquer les phénomènes thermoélectriques à cette mesure.

(¹) Séance du 16 octobre 1933.

A cet effet, une partie de canalisation R (*fig.* 1 et 2) est recouverte de couples thermoélectriques C.

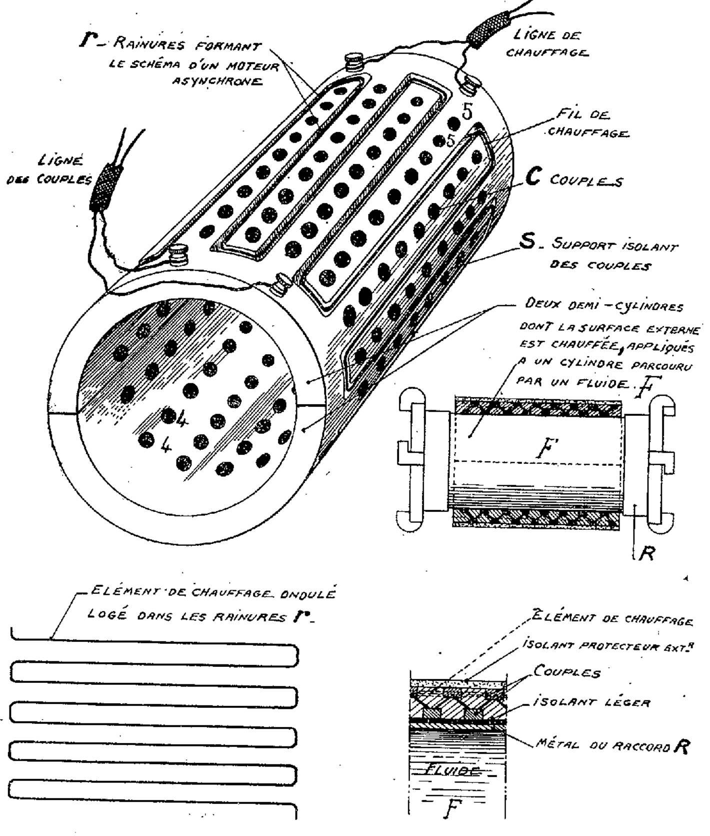


Fig. 1. — Type « rotor ».

Une série de soudures 4,4, de ces couples est en contact thermique avec la veine fluide F, tandis que l'autre série de soudures, 5,5, est soumise à une température contrôlée. Les variations de vitesse d'écoulement du fluide déterminent l'enlèvement plus ou moins rapide de la chaleur des couples en contact avec le fluide, il en résulte une différence de potentiel variable aux bornes de la totalité des couples, différence de potentiel, fonction directe de l'enlèvement de la chaleur par la veine fluide.

La variation de potentiel est ainsi fonction du débit du fluide et en permet la mesure à partir de l'extérieur des canalisations sans qu'il soit nécessaire d'y faire aucune perforation.

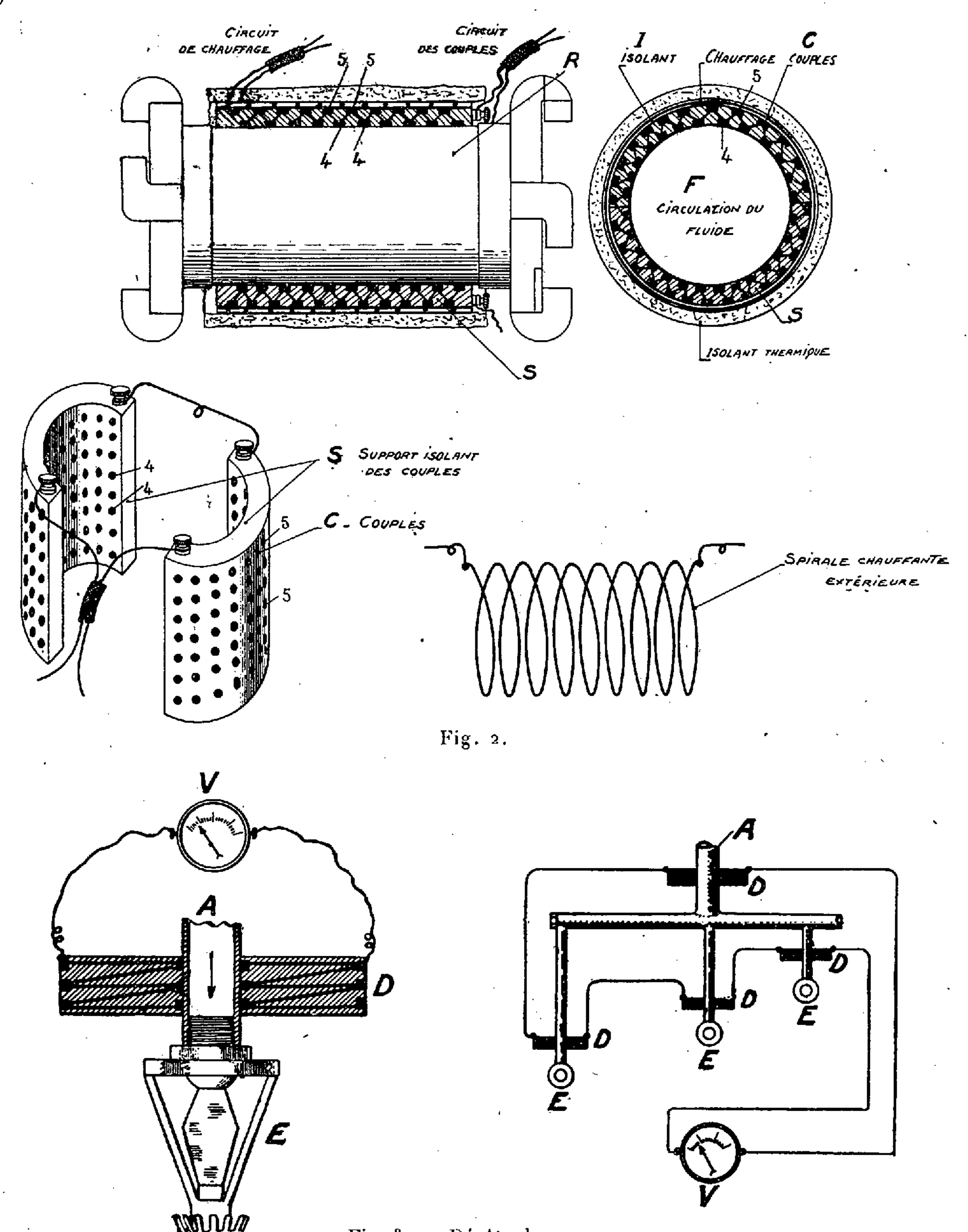


Fig. 3. — Dégâts des eaux.

Le détecteur à couples thermoélectriques compensés D monté sur une conduite A donne une première indication en V dès qu'il se produit une élévation brusque de température provoquée par un commencement d'incendie. Il donne la détection du maxima de température à ne pas dépasser. Il détecte ainsi l'incendie avant même que la tête d'extinction E ait été mise en action. Dès qu'automatiquement cette mise en action se produit, le détecteur donne une nouvelle indication fonction du débit des têtes d'extincteurs. Dans le cas d'un déclenchement anormal de la tête d'extinction E ou par suite d'une fuite sur la conduite A, le détecteur D signale immediatement l'écoulement anormal de l'eau ou du fluide extincteur. Il protège ainsi à la fois contre « l'incendie » et en même temps contre « les dégâts des eaux ».

En appliquant cette méthode de mesure thermoélectrique aux installations fixes d'extinction du feu genre Grinell, on obtient la surveillance à chaque instant de l'écoulement de l'eau ou de tout autre fluide extincteur. La figure 3 donne le détail de réalisation.

On peut généraliser l'emploi du procédé à la mesure de tous les fluides liquides ou gazeux dont les conduits peuvent avoir de très grandes dimensions. Les couples thermoélectriques, dans ce cas, sont alors montés sur une bande souple qui recouvre la partie de la conduite à contrôler.

ÉLECTRONIQUE. — *Nouvelle source artificielle de neutrons.*
Note de MM. **H. R. Crane**, **C. C. Lauritsen** et **A. Soltan**.

Dans une Note antérieure nous avons signalé l'émission de neutrons par le glucinium bombardé par des ions d'hélium d'énergies comprises entre 600000 et 975000 eV.

Le professeur G. N. Lewis a bien voulu nous fournir à peu près 2^{cm^3} d'eau contenant une relativement haute concentration de l'isotope H^2 de l'hydrogène. Nous avons pensé à employer les ions de cet isotope à la place des ions d'hélium utilisés antérieurement. De cette manière nous avons pu mettre en évidence une production de neutrons beaucoup plus intense que dans nos recherches précédentes.

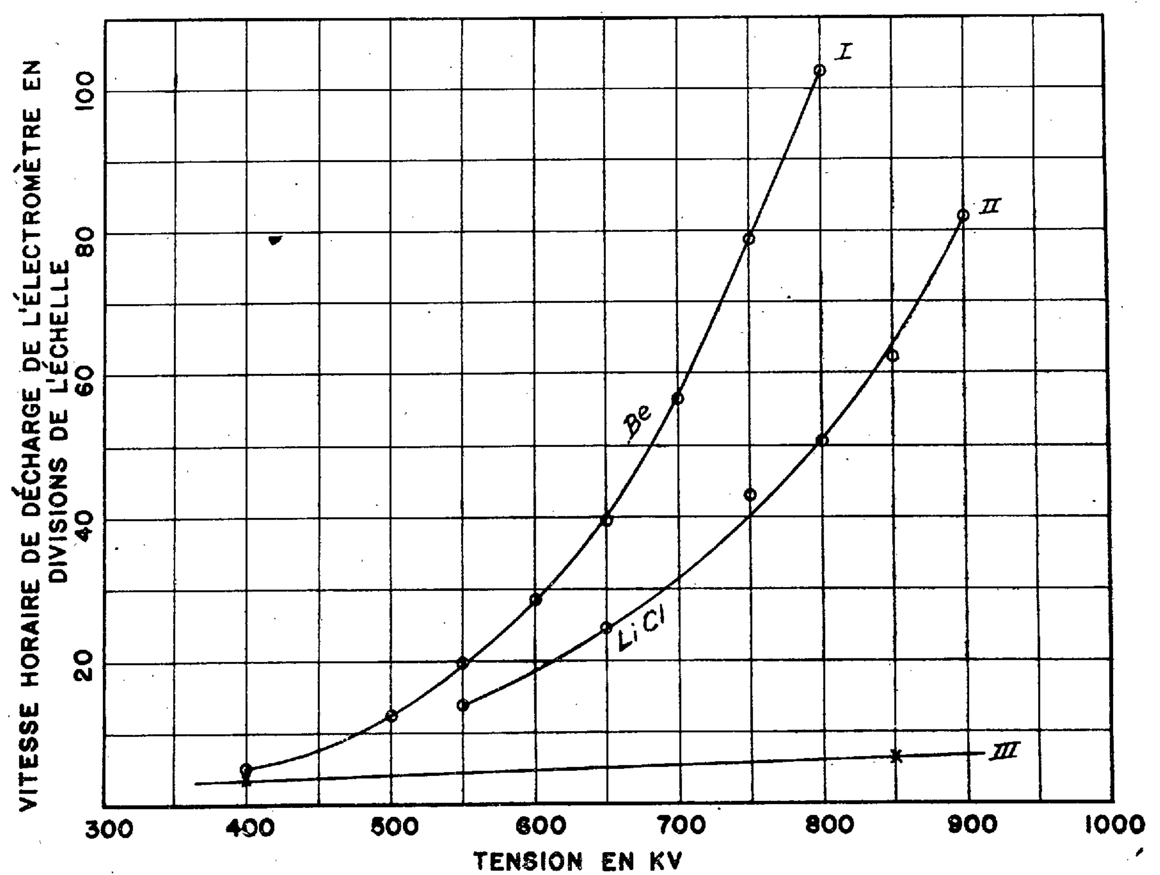
Nous avons bombardé LiCl et Be : 1° avec un mélange d'ions d'hydrogène léger et d'hydrogène lourd contenant 5 pour 100 de ce dernier; 2° avec des ions d'hydrogène ordinaire (concentration d'hydrogène lourd certainement inférieure à 0,02 pour 100). Dans chaque expérience l'intensité du courant d'ions incidents était de 10^{μ}A.

L'intensité du rayonnement excité par l'impact de ces ions sur la substance étudiée était mesurée, comme dans nos expériences précédentes, par le courant d'ionisation produit dans une chambre dont les parois étaient, selon le cas, recouvertes ou non de paraffine. Cette chambre était contenue dans une boîte de plomb à parois de 5^{cm} d'épaisseur.

La figure donne les courants d'ionisation (chambre à parois parafinées) en unités expérimentales en fonction de la valeur maxima de la tension sinusoïdale appliquée. Les courbes I et II correspondent respectivement à Be et LiCl bombardés par le mélange d'ions riche en H^2. La courbe III a trait à un bombardement soit du laiton avec des ions d'hélium, soit du laiton ou du glucinium avec des ions d'hydrogène ordinaire. Dans ces

derniers cas le déplacement de l'équipage de l'électromètre, d'ailleurs très lent, est dû aux rayons X produits en faible quantité, aux rayons cosmiques et aux défauts d'isolement.

LiCl bombardé par des ions d'hydrogène ordinaire montre la présence d'une faible émission (à 800000 volts, vitesse de décharge de l'électromètre



Rendement de désintégration du lithium et du glucinium par des ions H² en fonction de la tension accélératrice.

à peu près deux fois plus élevée que celle correspondant à la courbe III).

Lorsque la chambre d'ionisation ne contient pas de paraffine, dans le cas d'ions d'hydrogène lourd ainsi que dans celui de l'hydrogène léger bombardant LiCl les vitesses de décharge de l'électromètre sont plus de deux fois plus faibles. Cette diminution de l'effet montre ainsi que le rayonnement excité contient des neutrons.

On peut penser que l'activité de l'hydrogène lourd peut être schématisée par les processus suivants :

$$Li^7 + H^2 = 2He^4 + n^1,$$
$$Be^9 + H^2 = B^{10} + n^1.$$

Tandis que, dans le cas de l'hydrogène léger bombardant le chlorure de lithium, on aurait d'abord la captation de H^1 par Li^7 et la formation de deux particules α très rapides, qui à leur tour exciteraient l'émission des neutrons.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Étude des propriétés physiques du positron.* Note de M. **Jean Thibaud**, présentée par M. Maurice de Broglie.

J'ai décrit (1) une méthode (enroulement des trajectoires en trochoïde dans un champ magnétique hétérogène) adaptée à l'étude des émissions corpusculaires faibles et particulièrement à celles des *positrons*. Voici des résultats récents :

1. *Charge spécifique du positron.* — La superposition d'un champ électrostatique, au champ magnétique, a pour effet de déplacer les trochoïdes, dans leurs plans, d'une quantité x, mesurable sur le cliché. Nous en avions conclu (*loc. cit.*) que la charge spécifique e/m_0 du positron était de signe contraire de celle de l'électron et sensiblement du même ordre de grandeur que celle-ci. Soient V la tension, en volts, appliquée entre les électrodes, H le champ magnétique (gauss), ΔH le gradient moyen sur le diamètre $2r$ des orbites circulaires décrites par le corpuscule de vitesse βc; le déplacement x est, en première approximation,

$$x \cong \frac{4}{300} \frac{V}{\Delta H \times \beta} \quad \text{(en cm)}.$$

Dans mes expériences, ce déplacement x est d'environ 1^{mm} par 5000 volts. Connaissant, d'autre part, la dimension maxima $2r$ des orbites (trace des trochoïdes sur une plaque perpendiculaire à la direction de H) on peut déduire, de β et de (rH), la valeur à attribuer à e/m_0. L'erreur principale commise réside dans l'estimation de r, si bien que la méthode ne se prête pas à une détermination précise.

Je ne pense pas, toutefois, tenant compte de la plus grande erreur pos-

(1) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 447; *Nature*, London, **132**, 1933, p. 480.

sible, que la charge spécifique du positron puisse être beaucoup inférieure à la *moitié*, ni très supérieure au *double* de la charge spécifique de l'électron.

2. *Positrons « naturels » du radon.* — J'ai constaté qu'une ampoule de radon, à parois de verre minces, émettait spontanément des positrons (en quantité plus grande que si elle était entourée d'un radiateur de plomb). Cette constatation a été faite également avec une ampoule de radiothorium.

Il est peu probable que l'enveloppe (mince et formée d'éléments légers) soit responsable de cette émission. Nous sommes conduits à admettre que la substance radioactive émet elle-même des positrons. Il n'y a là rien de surprenant, les éléments lourds qui constituent le dépôt actif pouvant jouer le rôle de radiateurs secondaires de positrons sous l'action des rayons γ. Il existerait ainsi un spectre de positrons « naturels » des éléments radioactifs.

On peut même penser, en présence de l'intensité de ce spectre de positrons « naturels », à un effet de *conversion interne* du rayonnement γ en positrons dans le noyau radioactif même, responsable du quantum γ. L'analogie de l'émission de positrons avec l'effet photoélectrique se compléterait ainsi.

3. *Conditions d'émission des positrons secondaires.* — J'ai soumis à l'action des rayons γ d'une ampoule de radon les éléments suivants : aluminium, cuivre, argent, platine, plomb, bismuth, uranium. Tous donnent lieu à la production de positrons : les radiations γ du Ra C partagent donc avec celles du thorium la propriété de provoquer dans la matière l'émission de positrons. La probabilité d'émission augmente avec le numéro atomique Z de l'élément, fait déjà mis en évidence par les observations à la chambre de Wilson, de I. Curie et F. Joliot (¹). Nous parlerons ultérieurement de la loi reliant cette probabilité à Z.

4. *Absorption des positrons dans la matière.* — Des lames absorbantes minces sont disposées au-dessus de la plaque photographique et l'intensité de la raie reçue est mesurée (photométrie photographique). Les résultats seront publiés bientôt. Nous pouvons dire déjà qu'il est possible de définir un coefficient d'absorption moyen μ et que celui-ci est du même ordre de grandeur que le coefficient mesuré pour des électrons de même énergie moyenne.

5. *L'étude physique du positron et la théorie des états d'énergie négative de Dirac.* — Les résultats expérimentaux sont-ils en accord avec les prévisions

(¹) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1105; *Journ. de Phys.*, 4, 1933, p. 496.

(existence d'un corpuscule identique à l'électron changé de signe) de la théorie de Dirac? Encore que les propriétés physiques du corpuscule nouveau soient bien imparfaitement connues, aucune contradiction avec la théorie n'apparaît. Toutes les propriétés que nous avons étudiées se rapprochent de celles d'un électron : action photographique, déviations dans les champs électriques et magnétiques, valeur de la charge spécifique, coefficients moyens d'absorption. Les probabilités d'émission par des noyaux différents augmentent avec Z, dans le sens prévu théoriquement par Oppenheimer et Plesset (1).

Reste l'importante question du signe de la charge du positron. Nos expériences de déviation dans les champs magnétique et électrostatique superposés ne sont concluantes qu'en ce qui concerne le signe de la charge spécifique — opposé à celui de e/m_0 de l'électron.

Nous pensons cependant que la charge du positron est elle-même positive et qu'il ne s'agit pas d'électron de masse négative. En effet, dans cette dernière hypothèse, le positron verrait son énergie augmenter en traversant les écrans matériels. Nos expériences d'absorption des positrons dans la matière paraissent entièrement s'opposer à cette conclusion.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les effets mécaniques observés dans la surchauffe brusque dans le vide de l'azoture de plomb.* Note de M. **W. Schumacher**, présentée par M. G. Urbain.

On sait que la combustion du fulminate de mercure ne se transforme pas dans le vide en détonation et c'est sur cette remarque qu'est basée l'utilisation des étuves à vide pour le séchage industriel de cet explosif.

Nous avons étudié comment se compose l'azoture de plomb chauffé brusquement dans le vide sur une plaque métallique.

Nous avons d'abord exécuté des essais à l'air libre.

I. *Explosion à l'air libre.* — La substance est placée sur une plaque d'acier de 13/100 de millimètre d'épaisseur disposée elle-même sur un enroulement en fil de Ni-Cr de 32^{mm} de section. Intensité du courant de chauffe : 12 ampères :

Premier essai. — Poids d'azoture de plomb : 0^{g},006 ; durée de chauffage : 10 secondes, explosion avec empreinte sur la plaque.

Deuxième essai. — Poids d'azoture de plomb : 0^{g},008; durée de chauffage : 10 secondes, explosion avec empreinte sur la plaque.

(1) *Phys. Review*, 44, 1933, p. 53.

Troisième essai. — Poids d'azoture de plomb : $0^g,010$; durée de chauffage : 10 secondes, plaque percée d'un trou de 4^{mm} de diamètre.

Explosion dans le vide. — Même dispositif de chauffage que pour l'explosion à l'air libre. Le tout est placé sous une cloche de 10 litres, où est fait un vide de l'ordre du dixième de millimètre de mercure.

Premier essai. — Poids d'azoture de plomb : $0^g,012$; durée de chauffage : 10 secondes, légère déformation de la plaque d'acier.

Deuxième essai. — Poids d'azoture de plomb : $0^g,019$; durée de chauffage : 10 secondes, empreinte sur la plaque.

Troisième essai. — Poids d'azoture de plomb : $0^g,027$; durée de chauffage : 10 secondes, plaque percée d'un trou de 1^{cm} de diamètre.

Quatrième essai. — Poids d'azoture de plomb : $0^g,030$; plaque trouée et percée.

Dans tous les essais les spirales ont été défoncées par l'effet de la détonation.

A titre de comparaison nous avons effectué les mêmes essais pour le fulminate de mercure. Même dispositif expérimental. Vide dans la cloche : 1/10 de millimètre de mercure environ.

Premier essai. — Poids du fulminate de mercure, $0^g,031$; décomposition lente sans flamme, substance est dispersée.

Deuxième essai. — Poids du fulminate de mercure; $0^g,030$; résultat identique au premier essai, en ouvrant la cloche, la substance déflagre à l'approche d'une flamme d'un bec Bunsen.

Dans les essais suivants, la plaque d'acier de $13/100^{mm}$ est remplacée par du clinquant de $3/100^{mm}$. Vide pendant la durée des essais : $1/10^{mm}$ de mercure environ.

Troisième essai. — Poids du fulminate de mercure, $0^g,0600$; substance est balayée, pas de détonation.

Quatrième essai. — Poids du fulminate de mercure, $0^g,120$; même résultat.

Cinquième essai. — Poids du fulminate de mercure, 0,200; même résultat.

En aucun cas, nous n'avons observé d'effet mécanique pour le fulminate de mercure.

Il y a donc une différence fondamentale dans la manière dont se comportent respectivement l'azoture de plomb et le fulminate de mercure chauffés brusquement dans le vide sur une plaque métallique.

Ajoutons que dans une expérience exécutée avec le fulminate d'argent dans le vide, nous avons observé un effet mécanique analogue à celui observé dans la détonation de l'azoture de plomb.

Nous nous proposons de continuer l'étude de ce fulminate.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les aluminates de calcium hydratés.* Note (¹) de M. **Jacques Lefol**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Je me suis proposé d'étudier la déshydratation des aluminates de calcium suivants :

$Al^2O^3.4CaO.12H^2O$, étudié par H. Le Chatelier (²);
$Al^2O^3.3CaO.21H^2O$ (en aiguilles), étudié par Travers et Schnoutka (³);
$Al^2O^3.3CaO.6H^2O$ (cubique), étudié par Thorvaldson (⁴);
$Al^2O^3.2CaO.7H^2O$, étudié par H. Lafuma (⁵), Assarson et Forsen.

J'ai employé la méthode de M. Guichard (⁶). Dans ce procédé on utilise une balance ordinaire portant à l'une des extrémités de son fléau un fil de verre, à la partie inférieure duquel est fixée une coupelle contenant la substance à déshydrater; celle-ci est placée à l'intérieur d'un four électrique dont on peut, au moyen d'un dispositif approprié, faire croître régulièrement la température de 20° environ à 350° dans un intervalle de 5 heures.

L'autre extrémité du fléau porte un tube de verre plongeant dans un réservoir à huile dont il est possible de faire varier la quantité à volonté. L'addition d'huile permet de compenser, par poussée sur le tube, les pertes de poids que subit la substance chauffée.

Si l'on trace une courbe en prenant pour abscisses les températures et pour ordonnées le nombre de molécules d'eau chassées, pour chaque hydrate, il existe un palier ou tout au moins une diminution brusque de la pente de cette courbe.

Les résultats suivants ont été obtenus :

1° Pour l'aluminate tétracalcique hydraté, on remarque sur la courbe que, vers 95°, il existe un hydrate compris entre 10,5 et 11 H^2O et, vers 175°, un second hydrate à 6 H^2O. On observe que les dernières molécules d'eau

(¹) Séance du 16 octobre 1933.

(²) *Recherches expérimentales sur la constitution des mortiers hydrauliques*, 2ᵉ édition, p. 57 (Paris, Dunod, 1904).

(³) *Annales de Chimie*, 10ᵉ série, **13**, 1930, p. 284.

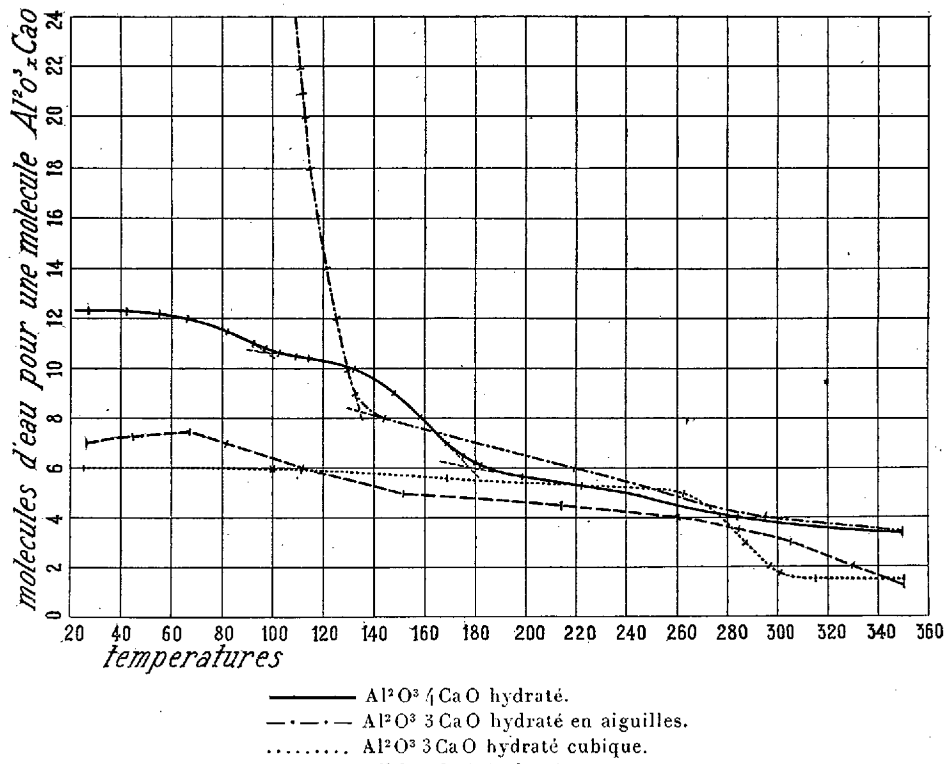
(⁴) Thorvaldson et N. S. Grace, *Canadian journ. of Research*, **1**, 1929, p. 36; Thorvaldson, N. S. Grace et V. A. Vigfusson, *National Research Council of Canada*, 1921.

(⁵) *Recherches sur les aluminates de calcium, etc.* Paris, 1925.

(⁶) *Bull. Soc. chim.*, **37**, 1925, p. 62, 251, 381, et **39**, 1926, p. 1113.

sont difficiles à éliminer, car à 350° l'aluminate en renferme un peu plus de 3. Il en est à peu près de même pour les autres aluminates.

2° Pour l'aluminate tricalcique hydraté, en aiguilles, on ne voit sur la courbe aucune particularité permettant de contrôler l'existence de l'hydrate à $21 H^2O$. Ceci provient sans doute de ce que le produit initial



était trop humide, et que, par chauffage, il est arrivé à la composition $Al^2O^3.3CaO.21H^2O$ à 110°, température à laquelle cet hydrate n'est probablement plus stable. A 135°, au contraire, on distingue nettement un hydrate compris entre 8 et 8,5 H^2O.

Ce résultat est à rapprocher de celui obtenu par Travers et Sehnoutka qui ont constaté qu'en séchant $Al^2O^3.3CaO.21H^2O$ sous vide sur l'acide sulfurique et la potasse caustique cet hydrate perdait très facilement jusqu'à 12^{mol} d'eau.

3° Pour l'aluminate tricalcique hydraté cubique on constate, sur la courbe, la stabilité de l'hydrate à $6H^2O$ initial et la formation entre 260°

et 310° d'un hydrate à 1, 5 H^2O. Ces résultats sont en accord avec ceux obtenus par Thorvaldson.

4° Pour l'aluminate bicalcique hydraté on observe sur la courbe que jusqu'à 65° l'hydrate à 7H^2O gagne presque 0^{mol}, 5 d'eau. En effet, j'ai noté que placé dans une atmosphère saturée d'humidité, cet hydrate gagnait environ 1^{mol} d'eau en 1/4 d'heure et 2^{mol} en 4 heures.

A 65° la déshydratation commence et à 150° il existe un hydrate à 5H^2O,

Je m'applique, actuellement, à contrôler ces résultats par une autre méthode.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la préparation des sels de trioxytriarylsulfonium.* Note de M. **D. Libermann**, présentée par M. G. Urbain.

Les chlorures de trioxytriarylsulfonium $(OH.Ar)^3SCl$ n'ont pas encore été isolés à l'état libre. Le chlorure de trioxytriphénylsulfonium, obtenu par Smiles et Le Rossignol (¹), puis par Carré et Libermann (²), par deux méthodes différentes, a été caractérisé par ces auteurs à l'état de chloroplatinate de tribenzoyltrioxytriphénylsulfonium

$$[(C^6H^5CO.OC^6H^4)^3SCl]^2PtCl^4.$$

Les chlorures de trioxytriarylsulfonium, produits dans la réaction du chlorure de thionyle sur un phénol, étudiée par Carré et Libermann dans le cas du phénol ordinaire, peuvent être isolés et purifiés de la manière suivante :

3^{mol} du phénol sont traitées par 2^{mol} de chlorure de thionyle. Ce dernier est ajouté goutte à goutte en agitant et en refroidissant continuellement. Le produit sirupeux de la réaction est lavé d'abord à l'éther anhydre, puis dissous dans l'eau chaude légèrement chlorhydrique. Après avoir séparé par décantation les produits huileux, qui ont précipité de la solution encore chaude, on recueille des cristaux presque purs des chlorures de sulfonium; une nouvelle cristallisation dans l'eau chlorhydrique fournit des cristaux purs.

Pour obtenir des dérivés de sulfonium au moyen des naphtols, il est préférable de mélanger les réactifs dans l'ordre inverse; les naphtols sont ajoutés par petites fractions au chlorure de thionyle. Quand le mélange se prend en masse on arrête

---

(¹) Smiles et Le Rossignol, *J. Chem. Soc.*, 89, 1906, p. 697, 705.

(²) Carré et Libermann, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 275.

l'addition du naphtol, on lave à l'éther et à l'eau chlorhydrique. Le dérivé correspondant à l'α-naphtol est purifié par cristallisation dans un mélange d'acétate d'éthyle et d'éther de pétrole, le dérivé du β-naphtol est cristallisé dans l'alcool. L'α-naphtol n'a donné qu'un seul chlorure d'α, α′, α″-trioxytrinaphtylsulfonium, tandis que le β-naphtol a fourni deux chlorures isomères de β, β′, β″-trioxytrinaphtylsulfonium. Ces chlorures de trioxytrinaphtylsulfonium sont insolubles dans l'eau chlorhydrique chaude, alors que les chlorures précédents sont notablement solubles.

Le *p*-crésol ne fournit pas dans ces conditions de chlorure de sulfonium. Ceci se trouve en accord avec les faits observés par Gazdar et Smiles ([1]). En effet, ces auteurs n'ont pas obtenu de sulfonium en faisant réagir les éthers phénoliques sur le sulfoxyde correspondant au *p*-crésol en présence d'acide sulfurique.

Toutefois il est possible de caractériser un dérivé de sulfonium du *p*-crésol en décomposant le chlorosulfite de *p*-crésol par la chaleur, ainsi que nous le montrerons ultérieurement.

Les produits suivants ont été préparés :

Chlorure de trioxytriphénylsulfonium $(OH.C^6H^4)^3SCl$. — Prismes incolores, fusibles à 261°-262° avec décomposition. SO^4H^2 donne à froid une coloration faiblement violette, à chaud olive foncée. Le dérivé tétrabenzoylé de la base, déjà décrit par Carré et Libermann (*loc. cit.*), $(C^6H^5CO.OC^6H^4)^3.S.O.CO.C^6H^5 + H^2O$ fond à 35°.

Chlorure de o.o′.o″-trioxytritolylsulfonium $[(C^6H^3)(CH^3)_1(OH)_2]^3SCl$. — Prismes légèrement teintés en rose, fusibles à 190°. SO^4H^2 donne à froid une coloration violette bleuâtre, à chaud violette foncée. Le dérivé tétrabenzoylé de la base fond à 39°.

Chlorure de m.m′.m″-trioxytritolylsulfonium $[(C^6H^3)(CH^3)_1(OH)_3]^3SCl$. — Paillettes incolores, fusibles à 273°-274° avec décomposition. SO^4H^2 donne à froid une coloration violette, à chaud noire. Le dérivé tétrabenzoylé de la base fond à 41°.

Chlorure de α.α′.α″-trioxytrinaphtylsulfonium $[C^{10}H^6(OH)_1]^3SCl$. — SCl étant probablement en para par rapport à OH sur l'un des groupes oxynaphtyle. Tablettes verdâtres, fusibles au-dessus de 350°. Facilement soluble dans l'acétate d'éthyle. SO^4H^2 donne à chaud une coloration olive foncée.

Chlorures de β.β′.β″-trioxytrinaphtylsulfonium $[C^{10}H^6(OH)_2]^3SCl$. — SCl étant probablement en 1 dans l'un des isomères, et en 3 dans l'autre sur l'un des groupes oxynaphtyle.

([1]) Gazdar et Smiles, *J. Chem. Soc.*, 97, 1910, p. 2248.

Premier isomère. — Prismes incolores, fusibles à 227°. Soluble dans l'alcool. SO^4H^2 tiède donne une coloration bleue.

Deuxième isomère. — *Paillettes jaunes*, fusibles à 273°-274°. Difficilement soluble dans l'alcool. SO^4H^2 donne à froid une coloration jaune, à chaud brune.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur un nouveau dérivé organomagnésien complexe : le β-magnésylphénylacétonitrile.* Note (¹) de MM. **D. Ivanoff** et **I. Paounoff**, transmise par M. V. Grignard.

Par analogie avec le phénylacétate chloromagnésien (²),

$$C^6H^5.CH^2.CO^2MgCl,$$

le phénylacétonitrile devrait donner, avec les réactifs de Grignard, un complexe organomagnésien mixte, de formule (I), d'après l'équation :

$$\text{(I)} \qquad C^6H^5.CH^2.CN + RMgX = RH + C^6H^5.CH\begin{matrix}\diagup CN \\ \diagdown MgX\end{matrix}.$$

Néanmoins, Alb. Rondou (³), en faisant réagir le CH^3MgBr sur le même nitrile, a isolé surtout le dimère et le trimère du nitrile, tandis que le rendement du produit normal de la réaction, la phénylacétone, était environ de 3 pour 100. De plus, cet auteur indique le mécanisme de la formation des polymères. Mme Ramart-Lucas avec le même nitrile et CH^3MgBr et C^2H^5MgBr a obtenu (⁴) les cétones correspondantes avec des rendements respectifs de 60 et 40 pour 100.

Notre but était de réaliser spécialement la réaction I et des essais ont été faits avec les réactifs suivants : *iso*-$C^3H^7.MgBr$, C^2H^5MgBr et C^6H^5MgBr. Pour démontrer qu'il se forme le complexe I, nous lui avons appliqué quelques réactions. Ainsi, il a été carbonaté et, finalement, nous avons obtenu l'acide phénylcyanacétique, d'après le schéma :

$$C^6H^5.CH\begin{matrix}\diagup CN \\ \diagdown MgX\end{matrix} + CO^2 \rightarrow C^6H^5.CH\begin{matrix}\diagup CN \\ \diagdown CO^2MgX\end{matrix} \xrightarrow{H^2O} C^6H^5.CH\begin{matrix}\diagup CN \\ \diagdown CO^2H.\end{matrix}$$

(¹) Séance du 16 octobre 1933.

(²) D. Ivanoff et A. Spassoff, *Bull. Soc. chim.*, 49, 1931, p. 19 et 371.

(³) *Bull. Soc. chim. Belgique*, **31**, 1922, p. 231.

(⁴) *Bull. Soc. chim.*, 49, 1931, p. 1865.

Le rendement en acide est environ de 40 pour 100 et ce nombre exprime très approximativement le rendement du nouveau complexe magnésien lui-même. Le réactif magnésien qui convient le mieux pour la préparation de ce complexe, comme d'ailleurs dans tous les cas des composés avec un atome d'hydrogène actif que nous avons étudiés, c'est le chlorure d'isopropylmagnésium.

Une autre réaction, par laquelle nous avons prouvé l'existence du réactif I, a été son action sur la benzophénone [1], d'après l'équation

$$\begin{array}{l} \left.\begin{array}{l}C^6H^5\\C^6H^6\end{array}\right\rangle CO + C^6H^5.CH\left\langle\begin{array}{l}CN\\MgX\end{array}\right. \\ \rightarrow \left.\begin{array}{l}C^6H^5\\C^6H^5\end{array}\right\rangle C(OMgX) - \underset{\displaystyle C^6H^5}{\underset{|}{CH}} - CN \\ \xrightarrow{H^2O} \left.\begin{array}{l}C^6H^5\\C^6H^5\end{array}\right\rangle C(OH) - \underset{\displaystyle C^6H^5}{\underset{|}{CH}}.CN \qquad \text{(nitrile triphényl-}\beta\text{-lactique).} \end{array}$$

La séparation de l'hydroxynitrile ainsi obtenu et des polymères du phénylacétonitrile est assez laborieuse; d'autre part, il est mélangé avec son produit de déshydratation $(C^6H^5)^2C = C.(C^6H^5).CN$.

Pour préparer le réactif, on ajoute à 1,25/10 mol-gr RMgX, 1/10 mol-gr de nitrile phénylacétique, dissous dans de l'éther. La réaction étant exothermique, on refroidit le ballon. Pour achever la réaction, on chauffe au bain-marie jusqu'à ce que le dégagement gazeux cesse, ce qui exige environ une demi-heure. Le mélange réactionnel se présente comme un précipité jaunâtre qui, parfois, colle aux parois du ballon. Le gaz dégagé représente 80-82 pour 100 de la théorie; quand le magnésien i-C^3H^7MgCl atteint 1,5/10 mol-gr, le rendement gazeux s'élève à 92-95 pour 100.

Pour la préparation de l'acide, le réactif est carbonaté en vase fermé et à 0°. Puis on décompose par l'eau; l'acide est extrait avec une solution de soude, d'où il est précipité par un acide minéral, extrait à l'éther, etc. A partir de i-$C^3H^7.MgCl$, nous avons obtenu $6^g,5$ d'acide, soit un rendement de 40,4 pour 100; à partir de $C^2H^5.MgBr$, $6^g,4$, tandis que $C^6H^5.MgBr$ a donné seulement $4^g,5$ d'acide.

La synthèse avec la benzophénone a été réalisée au moyen d'un réactif préparé avec i-$C^3H^7.MgCl$ et la quantité équivalente de cétone. Le mélange est chauffé, au réfrigérant ascendant, pendant environ 6 heures. La cris-

---

(1) Voir une réaction analogue : D. IVANOFF et A. SPASSOFF, *Bull. Soc. chim.*, 49, 1931, p. 377.

tallisation du produit est lente; tout d'abord, la benzophénone se sépare inaltérée, puis les nitriles résultants (nitrile-alcool et nitrile éthylénique). Les deux nitriles sont séparés en profitant de la différence de leurs solubilités dans l'alcool, à chaud. Le nitrile non saturé est très soluble dans ce solvant.

Le triphényl-2.3.3-hydroxy-3-propanenitrile-1 a été finalement purifié par recristallisation dans la ligroïne. Il forme des cristaux sphéroïdaux qui fondent à 140-141°. Les résultats de son analyse sont d'accord avec cette formule.

Nous continuons l'étude des applications de ce nouveau et intéressant magnésien à fonction complexe.

GÉOLOGIE. — *Sur le Trias et le Lias marins du Cambodge nord-oriental et du Darlac.* Note de M. **Ed. Saurin**, présentée par M. Ch. Jacob.

Dans une Note précédente (¹), j'ai donné quelques indications sur les terrains post-moscoviens dans l'Indochine du Sud, à l'Est du Mékong, et insisté sur ce fait qu'ils forment un complexe montrant des faciès identiques, plus ou moins détritiques et subcontinentaux, avec des épisodes éruptifs ou marins.

De nouvelles observations dans la province de Stung Treng (Cambodge) et au Darlac occidental m'ont permis d'identifier dans ce complexe plusieurs niveaux marins du Trias, et m'ont en outre fait constater au Darlac la présence du Lias marin.

1° Le Virglorien est représenté par des grès gris-vert à éléments d'andésites, ces dernières roches constituant le substratum des formations gréseuses de la région. Ils contiennent à Plouk, dans le lit de la Srépock, *Ceratites* sp., *Beyrichites Khanikofi* var., avec une faune abondante de Lamellibranches, parmi lesquels *Lima costata*, *Pecten discites*, *Myophoria laevigata*, *M. vulgaris*, *M. Goldfussi*, *M.* aff. *curvirostris*. On y trouve aussi *Rhynchonella Attilina*, quelques Gastropodes et *Dentalium* sp. *Beyrichites Khanikofi*, de la zone à *Ceratites trinodosus* des Alpes et de la zone correspondante à *Ptychites rugifer* de l'Himalaya, date ce niveau du Virglorien supérieur.

2° Le Carnien m'a fourni, dans des grès noirs, près de Ban Don (Darlac), un gisement où se trouvent *Discotropites* sp., *Hauerites rarestriatus*, avec des Brachiopodes (*Spiriferina* sp.) et des Lamellibranches (*Macrodon* aff. *imbricarius*, *Nucula strigi-*

(¹) E. Saurin, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 160.

lata, Anodontophora trapezoidalis, A. tonkinensis). Les *Discotropites* sont caractéristiques du Carnien supérieur; dans les Alpes, *Hauerites rarestriatus* se trouve dans le niveau le plus inférieur du Norien. Il peut s'agir ici de couches de passage du Carnien au Norien.

3° Le NORIEN est représenté, au Sud de Bon Ya Soup (Darlac), par des schistes gréseux verdâtres à fossiles parfois pyriteux, contenant *Didymites* cf. *angustilobatus*, avec *Megalodon* (*Neomegalodon*) nov. sp., *Pecten* cf. *subdemissus*, *Rhynchonella bambanagensis*, *Dentalium* sp. L'Ammonite mentionnée appartient en Europe et à Timor (Indes néerlandaises) au niveau à *Cyrtopleurites bicrenatus*, soit au Norien moyen.

Ces gisements contiennent tous, voisinant avec les Ammonites, des débris végétaux. Ils appartiennent tous trois à des terrains subhorizontaux.

4° Le TOARCIEN existe à 3^{km} au Sud de Ban Don, sur la rive gauche de la Srépock. Il est formé de grès calcareux à *Lillia* aff. *Lantenoisi*, *Pecten pumilus* var. *donaiensis*, *P. demissus*, *Trigonia striata*, *Astarte Voltzi*, *Pholadomya* sp.; il contient en outre de rares débris végétaux (*Podozamites*). Ce Lias est plissé et discordant en direction au milieu des terrains triasiques qui l'avoisinent (schistes gréseux à *Anodontophora Münsteri*, d'horizon imprécis).

Les trois premiers de ces dépôts sont les vestiges de golfes peu profonds et instables de la Mésogée triasique. Les affinités de leurs faunes sont en effet avec le Muschelkalk germanique pour le Virglorien, et, d'une façon générale, avec le Trias des Alpes et des Indes, avec un faciès littoral. Les découvertes de F. Bonelli au Cambodge nord-occidental, où il a trouvé des couches à *Balatonites* cf. *Zitteli* (1), montrent que la mer virglorienne venait, dans la région de Plouk, de l'Ouest et du Sud-Ouest. Il en est probablement de même pour les niveaux supérieurs du Darlac. Au Carnien cependant, un sillon marin venant de la Cochinchine orientale (2) a pu se joindre, aux confins du Cambodge et du Darlac, à cette mer occidentale.

Quant au Lias, la mer toarcienne venait manifestement du Sud. La découverte du gisement de Ban Don montre que le sillon liasique cochinchinois se prolongeait au moins jusque-là. J'ai d'ailleurs trouvé un nouveau gisement à faune toarcienne identique à 80^{km} au Nord de Saïgon qui, entre Trian et la Darlac, jalonne son passage. Ce sillon se prolongeait-il encore plus au Nord pour aller rejoindre la région d'Attopeu, puis de Tourane, où du Lias marin (3) est également connu ?

---

(1) J. FROMAGET et F. BONELLI, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 538.
(2) E. SAURIN, *loc. cit.*
(3) J.-H. HOFFET, *Bull. Serv. Géol. Indochine*, 20, 1933.

Au Nord de Ban Don jusqu'à Bo Kham, sur la Sé San, je n'ai pas trouvé de Lias. La nature géologique de cette région semble indiquer une terre émergée à cette époque, ou tout au moins un seuil important. D'ailleurs, ainsi que le fait remarquer J. Hoffet, le Lias marin septentrional comprend seulement de l'Hettangien et du Pliensbachien, et le Lias méridional, uniquement du Toarcien. En l'état actuel de mes recherches, je pense que ces deux bras de mer, non synchroniques, ne communiquaient pas et que leur formation, indépendante et successive, a été due à des mouvements oscillatoires de compartiments continentaux dont l'histoire géologique de l'Indochine du Sud offre de nombreux exemples.

GÉOLOGIE. — *Le Flysch du Rif espagnol.*

Note de MM. **P. Fallot** et **L. Doncieux**, présentée par M. Ch. Jacob.

Des levers détaillés de M. A. Marin et de l'un de nous ([1]), ainsi que la détermination d'abondants matériaux, nous permettent d'apporter de nouvelles précisions au sujet du Flysch des zones externe et calcaire du Rif espagnol ([2]), où l'on avait réuni jusqu'ici, sous ce nom, du Crétacé et du Tertiaire.

1. Crétacé. — Le Flysch crétacé, identifié dans le Rif français par MM. Bourcart et Lacoste et soupçonné dans le haut Oued Lau par M. Bourcart, apparaît sous forme de marnes pailletées olivâtres, coupées de minces lits gréseux. De Bab Taza à l'Ouest de Tétuan par Sidi el Arbaa et la vallée de l'O. Suagel, on le jalonne par des lits qui, à sa partie supérieure, contiennent *Rotalia*, *Truncatulina*, *Orbulina porosa*, *Textularia* sp., *Globigerina* sp., *Rosalina* sp. Recouvert par le Nummulitique au Col du Fondak, le Crétacé reparaît dès l'Ouest (Sidi Salah) par des couches à Bivalves qui établissent sa liaison avec celui de Tanger.

Sur le Crétacé olivâtre viennent des alternances de fines brèches et de grès avec de minces lits marneux, dont certains sont roses ou rouges, et alors accompagnés de petites lentilles à Foraminifères. A l'O. Keri Kera, à Sidi el Hadj Barraca, on y trouve *Rosalina Linnei*, *Lagena orbulinaria*, *L. sphærica*, *L. diffrengens*, *Globigerina bulloïdes*, *Siderolites calcitranoides?* qui définissent le Crétacé supérieur. Localement, au pied Ouest du

([1]) *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 245, 424, 466; **194**, 1932, p. 189, 382, 532, 794; **196**, 1933, p. 194, 495 et 714.

([2]) Voir croquis *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 872.

Dj. Calaa (Xauen), le Crétacé est plus gréseux encore et admet des couches à végétaux.

L'extension des couches bréchoïdes et roses dépasse la seule zone du Flysch. Souvent plus grossières, moins épaisses, elles ont atteint, transgressives, la dorsale calcaire. On les y connaît à la Cudia Chantus, sous le Permo-Trias de Guenfis (Kelty), et au Dj. Tazaot, identifiées par *Rosalina* sp., *Bolivina*, *Lagena sphærica*, *L. orbulinaria*, *Lepidorbitoïdes* sp.

2. Nummulitique. — On sait que la transgression débute, dans la zone du Flysch et dans la chaîne calcaire, au Lutétien [1], pour se compléter ultérieurement.

a. Dans la zone du Flysch, ce faciès est typiquement représenté par des alternances de grès fins, de fines brèches et de marnes stériles, associés à de rares lits calcaires ou de microbrèches à Foraminifères. Sa base est lutétienne vers le Fondak, vers Ben Karrich, au Dj. Amatras (*N. uroniensis*, *irregularis*, *atacius*, *O. ammonea*, etc.). Ailleurs (O. Kerikera, Cudia Tagaros), les premiers niveaux datés sont de l'Éocène supérieur à *N. vascus*, *incrassatus*, *Boucheri*. En tout cas, la série se poursuit verticalement jusqu'à l'Oligocène déjà cité dans les Andjeras [1] et que l'on retrouve de l'Ouest de Socco el Arbaa (*Nephrolepidina Tournoueri*) au Dj. Amatras, à l'O. Buhia et à l'O. M'ter.

Ce Flysch de teinte jaunâtre n'admet que de très rares niveaux rosés. Des grès roux, ressemblant à ceux de l'Algibe, apparaissent *dès le Lutétien* au Dj. Amatras, mais c'est surtout vers le haut de la série qu'ils prennent le plus d'extension et réalisent le type de l'Aljibe. Les grès couronnant ce Crétacé au Dj. Bou Hassan, dans les éperons du Sud de Xauen, dans la crête à l'Ouest de Bab Taza, stériles, sont ou crétacés ou nummulitiques.

b. Dans la chaîne calcaire, le Nummulitique débute au Lutétien comme au Dj. Garra. Dès l'ensellement du Dj. Gorguès puis de Addar et Bab-el-Babat à Tisuki et plus au Sud-Est, sa transgression est soulignée par des brèches importantes à *N. uroniensis*, *gallensis*, *atacicus*. Les parties plus élevées de la série sont principalement caractérisées par des marnes et marno-calcaires roses, comportant de minces lentilles de calcaires à Foraminifères. Ce faciès, au lieu d'être épisodique comme dans la zone externe, est ici constant. Mais il apparaît aussi bien au Lutétien (Col de Kalaa) qu'à l'Éocène supérieur (Tamalut, lame de la cluse de l'O. Lau, Dj. Izmamen,

---

[1] A. Marin, M. Blumenthal et P. Fallot, *Bull. Soc. géol. Fr.*, 4e série, **30**, 1930, p. 659-735. (Déterminations Doncieux.)

Bab-el-Aïden, Dj. Tazaot, haute vallée de l'O. el Had) ou même à l'Oligocène, caractérisé à Bab Tizi Mandu par *N. incrassatus*, *Boucheri*, *Tournoueri*, *Eulepidina Raulini*, *E. dilatata*, etc.

Dans le Nord, au Sud de Tetuan, ce Nummulitique est pincé dans des synclinaux déversés. Vers le Sud, au Nord du Dj. Kelty, il souligne des contacts anormaux et se trouve souvent écrasé ou partiellement supprimé dans des chevauchements. On y constate néanmoins en général, après les marnes roses, des grès roux, analogues à ceux de la zone du Flysch, sans toutefois que le type franc de l'Aljibe y soit réalisé.

c. Sauf à l'Ouest de la Punta Pescadores ([1]), la transgression nummulitique ne semble avoir atteint la zone paléozoïque du Rif qu'à l'Éocène supérieur (Playa Benitez) et probablement à l'Oligocène (Arenisca del Aljibe du Dj. Zen Zen).

Ainsi la liaison du Crétacé de la zone subsidente du Rif avec celui de Tanger est établie.

L'apparition d'un vrai faciès Flysch au Crétacé supérieur dans la zone du Flysch du Rif espagnol, la présence de Crétacé à débris végétaux près de Xauen, l'extension d'une transgression du Crétacé supérieur sur le Jurassique de la Chaîne calcaire, la complexité de la série nummulitique dans les deux zones, sont autant de traits nouveaux qu'une étude stratigraphique détaillée précisera et interprétera prochainement.

GÉOLOGIE. — *Géologie de la chaîne du Kaflan-Kouh (Perse).* Note de MM. **J. Jung** et **A. Jeannet**, présentée par M. Ch. Jacob.

La chaîne du Kaflan-Kouh s'étend en direction NE-SW, à la limite du nœud orographique de l'Azerbeidjan et du Plateau iranien. Lorsqu'on emprunte la route de Téhéran à Tabriz on la traverse, une vingtaine de kilomètres avant Mianeh, en empruntant une gorge creusée par le fleuve Kizil-Ouzan.

A hauteur de ce défilé, le Kaflan-Kouh est constitué par un anticlinal simple et puissant qui sépare les bassins néogènes voisins de Mianeh et de Sertcham. Les assises, qui sont subverticales dans l'axe du pli, passent brusquement aux ondulations faibles des bassins.

Sur la rive droite du fleuve, en amont du pont que domine le vieux

([1]) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 189.

château du Kalaa-i-Dochter, nous avons relevé la série stratigraphique suivante :

1. Axe de l'anticlinal. Complexe volcanique bariolé très puissant, passant vers le haut à des marnes bigarrées entremêlées de roches éruptives.

2. Assise de phtanites siliceux de teinte sombre, pétris de granules de la grosseur d'une tête d'épingle, attribuables à des algues.

3. Schistes verdâtres papyracés.

4. Marnes bariolées et brèches.

5. Calcaires crayeux blancs formant falaise. On peut y distinguer un certain nombre d'assises :

a. Calcaires tuffacés blancs;

b. Calcaires rosés à Bryozoaires;

c. Marnes grises fossilifères;

d. Calcaires grumeleux rosés;

e. Calcaires crayeux fossilifères.

6. Marnes grises à gypse. Ces marnes passent, vers le haut, aux marnes bigarrées salifères, très puissantes, assimilées aux *Fars Series* (Miocène) de la fosse irako-persane. Nous avons observé à leur sommet, dans la vallée du Zendjan Roud, des couches lacustres à lignites et Planorbes.

7. Dépôts détritiques épais ravinant les formations précédentes et faiblement plissés. L'aspect est celui des *Bakhtiari Series* (Pliocène) de la fosse irako-persane.

Des fossiles ont été récoltés dans la falaise calcaire. Les Huîtres proviennent du niveau 5*c* et les oursins de la couche 5*e*, sous les gypses.

Clypeaster Guentheri Gregory. — Ces Échinides sont mieux conservés que le type de Gregory. On y reconnaît deux variétés, l'une déprimée, correspondant au type, l'autre notablement plus élevée. Aucun autre caractère ne permet de les distinguer. L'espèce est citée de l'Helvétien supérieur des bords du Lac d'Ourmiah. Oswald l'indique du Tortonien de la plaine d'Erzeroum.

Ostrea hyotiformis E. Philippi. — Cette espèce, épaisse, à grosses côtes épineuses et écailleuses, se distingue principalement par son plateau cardinal très étroit. En Perse, elle est indiquée spécialement du Miocène supérieur de Jamal-i-Kar par Cox.

Ostrea (*Alectryonia*) *Virleti* Desh. — Elle diffère de la précédente par son plateau cardinal plus large et fortement strié. La valve gauche est aussi moins profonde, le bord palléal ondulé. L'area ligamentaire est aussi moins profonde. L'espèce est connue du Miocène d'Égypte et du Pliocène de Zanzibar. En Perse, elle est citée par Abich, Fuchs, Cox, Douglas. Suivant ce dernier auteur, elle est d'âge tortonien (*Middle Fars Series*).

Ostrea digitalina var. *Rolfsi* Fuchs (identique à *O. digitala* Eichw. suivant Douglas). — Bien que cet exemplaire soit mutilé, c'est à la forme décrite et figurée par Fuchs qu'elle se rapporte le mieux. L'espèce est connue du Miocène d'Égypte. Fuchs l'a décrite et figurée des Montagnes du Siah-Kouh au Sud-Est de Téhéran. D'après Douglas, elle est d'âge Tortonien (*Middle Fars Series*).

La coupe et la faune du Kaflan-Kouh démontrent que sur le plateau d'Azerbeidjan, le faciès Fars ne s'est établi qu'au Tortonien, tandis que dans la fosse irako-persane, il règne dès le Burdigalien. Les Lower et Middle Fars sont représentés ici par la masse des calcaires de base.

PALÉONTOLOGIE. — *Sur la présence de l'*Orbitolites complanatus *Lmk. dans les couches de passage de l'Éocène moyen à l'Éocène supérieur en Égypte*. Note [1] de M. **J. Cuvillier**, présentée par M. H. Douvillé.

J'ai eu la bonne fortune de récolter dernièrement à quelques kilomètres du Caire, dans le petit ouadi qui aboutit à l'ouadi Liblab et dont la naissance se place dans le cirque d'Ain Mouça, un exemplaire parfaitement conservé du précieux foraminifère qu'est l'*Orbitolites complanatus* Lmk.; ses dimensions sont légèrement supérieures à celles des formes moyennes; il se trouvait inclus dans la partie terminale des couches qui se situent à peu près à la limite de l'Éocène moyen et de l'Éocène supérieur. C'est, à ma connaissance, la première fois que se trouve signalée en Égypte, dans des sédiments nettement postérieurs au niveau à *Nummulites gizehensis* Forsk., l'espèce qui fait l'objet de cette étude.

La répartition verticale de *O. complanatus* se trouve ainsi sensiblement augmentée; il apparaît en Haute-Égypte à l'extrême base de l'étage lutétien où il ne semble représenté que par quelques échantillons isolés en la compagnie desquels se rencontre aussi un autre *Orbitolites* que Schwager [2] a décrit sous le nom de *O. pharaonum*, plus petit mais très voisin de l'espèce qui nous intéresse. Schwager, qui a fait certaines réserves quant à l'identité absolue des échantillons égyptiens de l'*O. complanatus* avec les exemplaires typiques du Bassin parisien, le signalait dans les couches à Alvéolines, entre Assiout et l'oasis de Farafra, dans les marnes calcaires d'El Gouch Abou Saïd ainsi que dans les falaises nummulitiques de Mer, de Minia et d'Assiout; j'ai eu l'occasion [3] de le mentionner, en outre, dans nombre d'autres localités où il a été depuis retrouvé, entre Minia et l'oasis de Baharia, en face de Beni-Hassan, au nord du Gebel Galala el Baharia, à l'ouest du Gebel Oum Ressas, au Gebel Ataka et au Gebel Geneffe; dans

---

(1) Séance du 16 octobre 1933.

(2) *Palaeontographica*, Stuttgart, 30, 1883.

(3) *Mémoires de l'Institut d'Égypte*, Le Caire, 16, 1930, p. 137.

toutes ces localités, à l'exception de Minia et du Gebel Ataka, où l'*Orbitolites complanatus* est déjà associé à la *N. gizehensis*, nous sommes en présence d'un Lutétien inférieur assez bien défini, dans lequel semble se produire le maximum de fréquence de notre foraminifère. Avec les couches à *N. gizehensis*, qui marquent le Lutétien supérieur, notre espèce se fait de plus en plus rare et elle n'a plus, dans la zone terminale des couches blanches du Gebel Mokattam où se place l'unique échantillon récemment recueilli, que de très exceptionnels représentants.

Nous ne retrouvons pas en Égypte, tout à fait identique à ce qu'elle est dans des régions plus septentrionales, la signification stratigraphique de l'*O. complanatus* Lmk. Dans le Bassin de Paris, cette espèce ne paraît vraiment caractéristique que de la seconde moitié du Lutétien; dans le Nummulitique alpin où ce fossile n'est pas rare, il semble surtout cantonné dans l'Auversien, équivalent probable, pour nous, des calcaires à Bryzoaires d'où provient notre individu, et qui sont sans doute déjà bartonniens.

La présence de ce fossile, en Égypte de la base de la série lutétienne jusqu'aux couches de passage au Mokattam supérieur, confirme assez ses affinités méridionales ainsi que l'existence de conditions biologiques particulièrement favorables à son développement dans le Bassin égyptien pendant toute la durée de l'Éocène moyen; il n'est pas impossible, comme cela a dû se produire pour nombre d'espèces de nummulites, que les formes européennes de l'*Orbitolites complanatus* Lmk. soient issues du Bassin égyptien qui a pu alimenter à différentes reprises pendant le Nummulitique, en foraminifères divers, les eaux des mers plus septentrionales.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Les cinèses de l'asque de* Pyronema confluens (*Pers.*) *Tul.* Note de M. **J. Raymond**, présentée par M. P.-A. Dangeard.

Les cytologistes qui ont étudié ces mitoses sont arrivés à des dénombrements de chromosomes qui varient avec chaque auteur. Le nombre haploïde y est de quatre pour Dangeard, de dix pour Harper, de douze pour Claussen; récemment, Mrs. Gwynne-Vaugham et Williamson en ont compté six, tandis que M. et Mme Moreau admettent le nombre jadis indiqué par Claussen.

Cette incertitude nous a engagé à nous rendre personnellement compte des faits, et ce sont nos conclusions que nous allons rapidement exposer.

Nous dirons tout d'abord que des observations nombreuses nous ont

convaincu qu'il n'existe, dans *Pyronema confluens*, qu'une seule fusion nucléaire, celle qui a lieu à la base de l'asque; nous ajouterons que nous n'avons pas constaté dans l'oogone, ni dans les hyphes ascogènes, ces appariements réguliers de noyaux qu'a décrits Claussen.

L'étude des mitoses dans l'asque a surtout retenu notre attention et nous a fourni des résultats intéressants.

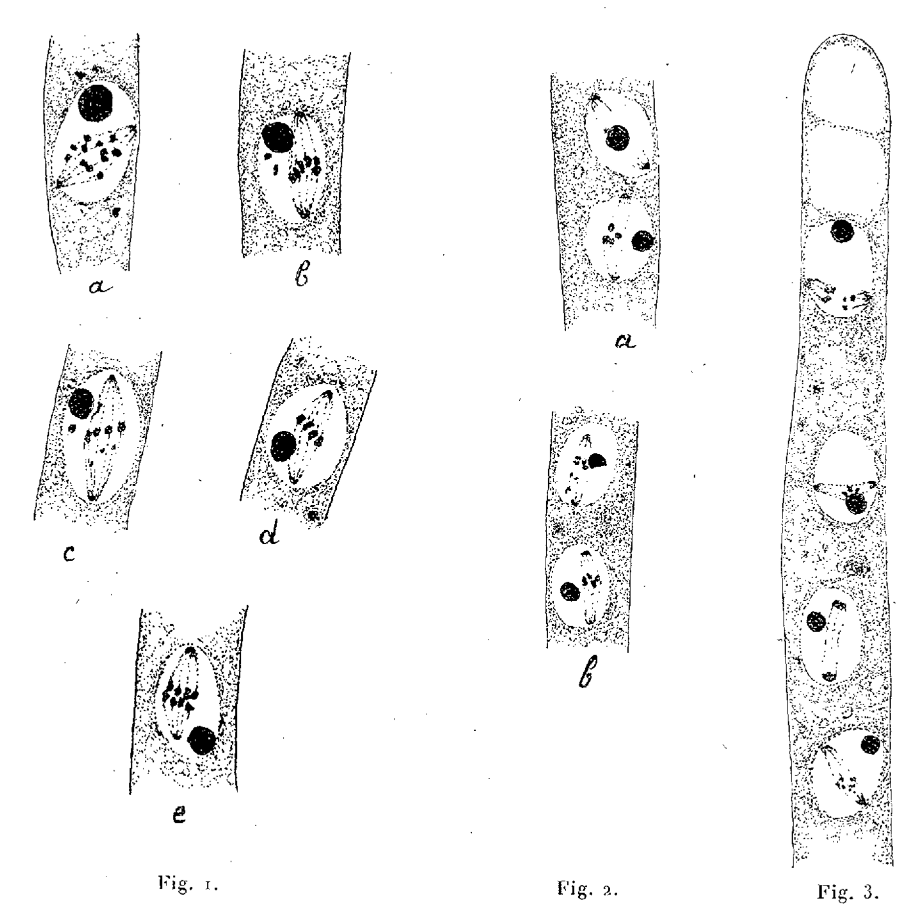


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.

A la fin de la prophase de la première cinèse, quand le fuseau est constitué, le matériel chromatique s'y répartit irrégulièrement en petits corps sphériques ou vaguement polyédriques dont le nombre *n'est pas constant*. Nous en avons trouvé dix, douze, quatorze, parfois plus (*fig.* 1 *a*).

Autre fait à signaler. Dans le transport du matériel chromatique sur le fuseau, deux cas peuvent se présenter. Dans l'un, la totalité de ce matériel suit le mouvement; dans l'autre, une faible partie doit demeurer immobile

dans la caryolymphe, car il arrive d'y observer un, deux ou trois petits éléments chromatiques isolés, sans relation avec le fuseau ou le nucléole (*fig.* 1 *b-c*).

A la métaphase, ces petites masses de chromatine dispersées sur le fuseau se condensent à l'équateur de ce dernier en un nombre de gemini (conséquence de la fusion dangeardienne), qui, lui, est *constant* et égal à quatre, peut-être cinq dans des cas douteux. Or, quand la plaque est bien formée (*fig.* 1 *c-d*), on voit parfois, sur les lignes fusoriales, des corpuscules chromatiques, un ou deux ou même trois, granuleux ou allongés, plus intimement soudés à ces lignes que ne le sont les chromosomes authentiques. Ces reliquats restés en place sur le fuseau et dans la caryolymphe demeureraient donc inutilisés. De chromaticité moindre et plus petits que les vrais chromosomes, nous ne saurions les identifier avec ceux-ci. Leur position sur le fuseau, souvent très éloignée de la plaque, ne permet d'ailleurs pas de les regarder comme de vrais chromosomes en marche vers les pôles. Les nombres élevés de chromosomes cités par les auteurs viennent de ce qu'ils n'ont pas fait cette distinction opportune.

A la métaphase, les gemini se dissocient (*fig*, 1 *e*), quatre chromosomes se dirigent vers un pôle, les quatre autres vers le pôle opposé.

A la seconde (*fig.* 2 *a-b*) et à la troisième (*fig.* 3) mitose, nous avons encore compté, à la plaque, quatre, parfois peut-être cinq, jamais plus, chromosomes qui, par bipartition, donnent quatre, peut-être cinq, chromosomes pour chacun des noyaux fils formés.

Les conclusions qui découlent de ces observations sont les suivantes :

1° La constance du nombre des chromosomes aux trois divisions atteste une seule caryogamie dans le cycle de *Pyronema confluens*, celle qui a lieu dans la cellule mère de l'asque et qui n'est pas contestée.

2° Le sporophyte, tronçon à $2n$ chromosomes, très court, s'étend du noyau double de la base de l'asque à la spore. Le gamétophyte, tronçon à n chromosomes, va de celle-ci à celui-là.

3° Si, comme nous le pensons, les corpuscules de chromatine ne correspondent pas *tous* aux véritables chromosomes, dont le nombre et la qualité ne peuvent être exactement interprétés qu'au stade de la plaque équatoriale, le problème de la méiose chez les Ascomycètes serait singulièrement simplifié; il ne serait fonction, en effet, que de l'unique caryogamie ayant lieu à l'origine de l'asque.

ÉCOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la production de chaleur par le contact de la terre sèche avec l'eau.* Note de M. **Philippe Hagene**, présentée par M. Molliard.

Après A. Mitscherlich, Müntz et Gaudechon [1] ont étudié quantitativement le dégagement de chaleur qui se produit lorsqu'on humecte la terre préalablement desséchée; leurs recherches ont porté d'une part sur les terres de culture, d'autre part sur diverses substances, en particulier sur des tourbes. Nous avons étudié par les mêmes méthodes que ces derniers auteurs la quantité de chaleur dégagée au contact de l'eau par un certain nombre de sols naturels des environs de Dijon, en partie pour déterminer s'il n'existait pas de relation entre quantité de chaleur dégagée et le coefficient de fanaison.

Les échantillons, ne comprenant que la terre fine, c'est-à-dire passant au tamis à mailles de 2^{mm}, furent rigoureusement desséchés à l'étuve à 105-110°, puis abandonnés jusqu'à refroidissement à l'abri de l'humidité. La quantité de chaleur dégagée fut évaluée, avec les précautions convenables, dans un calorimètre à eau de 250^{cm^2} de capacité.

Voici d'abord les valeurs obtenues pour le terreau des têtards de saules et de frênes [2] :

	Chaleur dégagée par kilogramme de terreau.	Perte par calcination.	Coefficient de fanaison.
Saule à Saint-Jean-de-Losne (Côte-d'Or).....	$18^{cal},85$	$47^{\%},3$	37,1
Frêne à Fixin (Côte-d'Or)..................	23,20	76,0	34,3
Saule à Saint-Jean-de-Losne................	23,60	87,4	57,2

On voit d'après les nombres ci-dessus que, sans parallèlisme étroit, il y a néanmoins une certaine correspondance entre la chaleur dégagée et la teneur en matières organiques; les valeurs obtenues sont tout à fait comparables à celles publiées pour les tourbes par les auteurs déjà cités : 21 à 26^{cal} par kilogramme.

On peut rapprocher de ces résultats celui que nous avons trouvé pour la terre recueillie sur la surface d'un rocher à Veuvey-sur-Ouche (Côte-d'Or),

---

(1) *Ann. de la science agronomique*, 2, 1909, p. 393.

(2) Ph. Hagene, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1333 et 1687.

sous un tapis dense de végétation, où dominaient *Festuca ovina* var. *glauca*, *Cytisus decumbens*, *Helianthemum nummularium* : 13^{cal},02 par kilogramme. Pour cette « rendzine », la perte par calcination (corrigée du gaz carbonique du calcaire) était de 36,2 pour 100 et le coefficient de fanaison 20,5. Pour une terre de bruyère, renfermant 63,6 pour 100 de matières organiques, Müntz et Gaudechon avaient obtenu un dégagement de chaleur de 12^{cal},4 par kilogramme.

Pour les quatre échantillons étudiés ci-dessus, il y a une certaine correspondance entre le coefficient de fanaison et la quantité de chaleur dégagée; mais il faut remarquer que ces échantillons sont constitués en grande partie par de la matière organique et ne diffèrent que relativement peu entre eux à ce point de vue.

L'étude d'autres échantillons provenant de la couche superficielle de sols sur le calcaire aux environs de Dijon, échantillons d'une teneur en matière organique inférieure à celle des précédents, nous a montré que le parallélisme entre la chaleur dégagée et le coefficient de fanaison ne se retrouvait pas. Pour ces nouveaux échantillons, la quantité de chaleur dégagée varie entre 4^{cal} et 11^{cal},5 par kilogramme.

Beaucoup de nos échantillons ont présenté un dégagement de chaleur sensiblement plus grand que celui des terres étudiées par Müntz et Gaudechon; la plupart de ces terres donnaient en dessous de 4^{cal} par kilogramme, quelques-unes atteignaient 5 et 6^{cal}, une seule a donné 12^{cal}.

Analysant le phénomène, ces mêmes auteurs estiment, d'après les essais faits avec différentes matières organiques, que l'humus dégage en moyenne 20^{cal} par kilogramme; ils obtiennent la quantité de chaleur provenant de l'humectation de la matière minérale par différence. Cependant, pour le terreau de frêne et de saule, il semble bien que cette quantité de 20^{cal} par kilogramme soit trop faible, comme en témoigne le tableau ci-dessous dont les nombres ont été calculés avec cette donnée :

	Calories dégagées par la terre brute.	Calories calculées par la matière organique.	Calories calculées par la matière minérale.
Terreau de frêne	23,20	15,20	7,98
Terreau de saule	18,65	9,46	9,39
Autre terreau de saule	23,60	17,58	6,02
Pelouse sur une corniche	4,02	0,25	3,77
Pelouse à *Brachypodium pinnatum*	8,04	0,30	7,74
Pelouse au nord d'une combe	7,17	0,55	6,62

Pour les trois premiers échantillons, la perte par calcination s'élève à 76,0-47,3-87,4 pour 100; pour les trois derniers, à 12,86-15,1-27,8 pour 100.

On voit que, en calculant de cette façon, la matière minérale, renfermée en faible proportion dans le terreau des arbres écimés, paraît dégager autant de chaleur que certains sols tout entiers; or, ainsi qu'en témoignent des mesures dues également à Müntz et Gaudechon le dégagement de chaleur dû à la matière minérale ne peut être que très faible, et ce que met en évidence le tableau ci-dessus, c'est en réalité la variabilité de l'état sous lequel se trouve la matière organique dans le sol.

Enfin, dans l'ensemble des faits exposés ici, il paraît résulter que les variations du coefficient de fanaison et de la chaleur dégagée par la terre sèche au contact de l'eau ne sont pas en tous points déterminées par les variations des mêmes facteurs.

BOTANIQUE. — *Sur la localisation des substances tanniques dans le tissu ligneux du châtaignier.* Note de M. **Maurice Quendiac**, présentée par M. Molliard.

La richesse en tannin du bois de châtaignier est un fait bien connu puisqu'il est utilisé comme matériel tannifère.

Or, dans les branches âgées seulement de quelques années, le tannin se trouve strictement localisé dans les rayons médullaires généralement constitués par une seule assise de cellules.

Il y avait donc lieu de se demander quand et comment s'effectue l'accumulation dans le bois âgé?

A cet effet j'ai effectué des prélèvements à différents niveaux dans le tronc et les grosses branches d'un châtaignier végétant dans le parc du Laboratoire de Biologie végétale de Fontainebleau et âgé d'environ 50 ans. Le réactif utilisé est la solution de bichromate de potassium à 5 pour 100,

L'accumulation de tannin dans le bois de châtaignier commence à se manifester dans les branches âgées de 18 à 20 ans, où le tissu ligneux se différencie nettement en cœur et aubier.

Il y a lieu de distinguer successivement ces deux zones.

Dans l'aubier, comme dans les jeunes branches, les composés tanniques apparaissent uniquement dans les rayons médullaires qui conservent leur tannin dans toute l'épaisseur du cœur, mais dans cette région *les tannins*

intéressent aussi un certain nombre de cellules du parenchyme ligneux. De plus *tous les éléments du bois* (cellules et vaisseaux) *ont leurs parois imprégnées de composés tanniques.*

A la limite commune de ces deux régions, une zone intéressant généralement les formations ligneuses d'une année, présente des caractères très particuliers.

Comme dans le cœur certaines cellules du parenchyme ligneux, mais en plus grand nombre, sont abondamment pourvues de principes tanniques.

En outre cette région est caractérisée par la *présence de composés tanniques dans les vaisseaux du bois de petit et de moyen calibre*, qui se distinguent ainsi nettement des gros vaisseaux déjà obstrués par des thylles.

Or jusqu'ici les auteurs sont unanimes à admettre que les tannins peuvent se rencontrer dans tous les éléments cellulaires à l'exception des éléments conducteurs.

Le châtaignier constituerait donc à cet égard une remarquable exception.

En dehors de ces considérations cette région doit être considérée comme la zone de passage des substances tanniques dans le bois âgé et l'étude détaillée de la répartition des tannins nous permettra d'élucider le mécanisme de l'imprégnation.

Il reste à déterminer si c'est là un phénomène spécial à l'accumulation des composés tanniques dans le bois ou s'il est en relation avec la circulation de la sève.

CHIMIE AGRICOLE. — *Sur le mode d'action des bouillies cupriques au moment de leur emploi.* Note de MM. **J. Branas** et **J. Dulac**, présentée par M. P. Viala.

Nous admettrons que la toxicité d'une bouillie cuprique à l'égard du *Plasmopara viticola* dépend de sa richesse en cuivre dissous et qu'elle est indépendante de la nature des composés cupriques en solution. Différentes recherches ([1]) ayant établi que les solutions cupriques devenaient toxiques à des concentrations comprises entre 0,3 et 3.10^{-6} (en $SO^4Cu\,5H^2O$), il s'ensuit que la résolution du problème, toujours pendant, de la protection du vignoble contre le mildiou, paraît pouvoir être ramenée à déposer sur

([1]) Millardet, $0,3.10^{-6}$; de Istwanffi et Palinkas, $0,625.10^{-6}$; L. Ravaz, 3.10^{-6}.

les organes herbacés de la vigne une bouillie cuprique apte à fournir à l'eau qui la baigne une concentration en cuivre au moins égale à la valeur supérieure $3 . 10^{-6}$.

Notre travail a consisté à rechercher, au laboratoire, si les moyens habituellement utilisés atteignent ce résultat, sans méconnaître l'existence possible, dans le milieu naturel, de contingences qui nous échappent.

Les bouillies bourguignonne et bordelaise, que l'on emploie couramment, sont constituées, on le sait, par le mélange d'un sel à réaction acide, SO^4Cu aq., et d'un composé à réaction alcaline : respectivement CO^3Na^2 et CaO. Selon les proportions relatives de ces deux constituants la réaction du mélange final est acide, neutre ou alcaline.

D'après le postulat précédent, la toxicité de ces bouillies peut être due, d'une part au cuivre en solution qu'elles contiennent au moment de leur emploi, d'autre part à la dissolution lente et continue des précipités. L'étude du premier point appelle la détermination des quantités de cuivre non précipité et accessoirement du pH en fonction des quantités croissantes d'élément alcalin.

Préparons une série de bouillies à 2 pour 100 en versant dans 6^g SO^4Cuaq. dissous dans 150^{cm^3} d'eau distillée des quantités croissantes de CO^3Na^2 ou de $Ca(OH^2)$ dissous ou mis en suspension dans le même volume d'eau distillée. Déterminons après agitations la concentration en cuivre soluble et en ions H^+ dans la liqueur mère avant et après aspiration à la trompe.

Pour dépouiller la liqueur mère de toute particule, nous avons centrifugé énergiquement le mélange, filtré ensuite la solution surnageante sur un microfiltre de 2^{cm} de diamètre, saturé préalablement de cuivre sans excès pour éviter les phénomènes d'adsorption.

Le cuivre a été dosé par iodométrie, et pour les faibles concentrations, par calorimétrie au ferrocyanure de potassium en milieu légèrement acide (limite de sensibilité : 1/500000e). Le pH a été dosé par électrométrie.

Bouillie bourguignonne.

CO^3Na^2 pur et sec par kg de SO^4Cuaq.	$0^{kg},320$	–	$0^{kg},425$	$0^{kg},470$	$0^{kg},757$
SO^4Cuaq. de 100^{cm^3} non précipité :					
avant aspiration à la trompe........	$0^g,600$	–	$0^g,175$	$0^g,060$	$0^g,024$
après aspiration à la trompe........	$0^g,400$	–	$0^g,020$	$0^g,005$	$0^g,024$
pH avant aspiration à la trompe.......	5,62	–	6,01	6,29	>9
pH après aspiration à la trompe.......	5,90		6,46	7,30	>9

Bouillie bordelaise.

CaO (¹) par kilog de SO^4Cuaq	$0^{kg},168$	$0^{kg},200$	$0^{kg},225$	–	$0^{kg},400$
SO^4Cuaq. de 100^{cm^3} non précipité :					
avant aspiration à la trompe	$0^g,440$	$0^g,184$	$0^g,015$	–	$0^g,020$
après aspiration à la trompe	»	»	»	–	»
pH avant aspiration à la trompe	5,70	6,20	>9	–	>9
pH après aspiration à la trompe	»	»	»	–	»

Bien qu'il s'agisse de composés différents, tous les résultats ont été exprimés en SO^4Cuaq. Dans chaque colonne les quantités des bases inscrites sont chimiquement équivalentes.

Le tableau ci-dessus contient les résultats expérimentaux. L'indétermination inhérente à ces résultats qui découle de la durée de la précipitation, de l'agitation, du taux de carbonatation de la chaux, de la vitesse de dessiccation, etc., ne modifie pas nos conclusions.

Ces chiffres permettent de faire les observations suivantes :

Bouillie bourguignonne [2]. — La quantité de cuivre dissous diminue à mesure qu'augmentent les additions de CO^3Na^2 ; très rapide au début, la chute devient plus lente à la fin. Le départ de CO^2 par aspiration à la trompe détermine à la fois l'apparition d'un trouble, une élévation du pH et une diminution de la quantité de cuivre dissous sauf dans le mélange très alcalin.

Il s'ensuit que dans la liqueur mère de la bouillie bourguignonne le cuivre dissous peut, suivant les proportions de CO^3Na^2 faire partie des trois combinaisons suivantes : *a*, une combinaison stable : le SO^4Cu non précipité dans les bouillies acides; *b*, une combinaison instable : sulfate tétracuivrique en solution carbonique (d'après Fonzes-Diacon), dont l'instabilité est due à la facilité avec laquelle CO^2 peut en être chassé. Aussi le simple passage d'une bouillie dans le pulvérisateur suffit-il à abaisser, dans certains cas, la teneur en cuivre dissous de 1/2000 à 1/12000; *c*, une combinaison qui apparaît pour les pH supérieurs à 8,5 et communique une coloration bleue à la liqueur mère. Le cuivre paraît y faire partie d'un groupement électronégatif, l'électrolyse amenant un dépôt de CuO à l'anode.

Bouillie bordelaise. — On fait les mêmes observations, mais il n'y a pratiquement pas de cuivre dissous à la faveur de CO^2.

(¹) Teneur en CaO de la chaux utilisée : 60 pour 100.

(²) La relation signalée par MM. Maume et Bouat (*Comptes rendus*, 196, 1933, p. 2024) se retrouve ici, mais avec un décalage motivé par une quantité plus élevée de SO^4Cu.

Conclusion. — En résumé, en acceptant le postulat formulé plus haut et indépendamment du rôle joué par les dépôts, les bouillies bourguignonne et bordelaise acides, neutres et alcalines contiennent assez de cuivre en solution (au moins 1/20000) pour assurer, *au moment de leur emploi*, une protection certaine.

La solubilité de ces composés après dessiccation et celle des dépôts constituent une autre question.

PHARMACOLOGIE. — *Sur les combinaisons de la spartéine et des acides barbituriques substitués cycliques.* Note de MM. **Fernand Mercier** et **L.-J. Mercier**, présentée par M. A. Desgrez.

Poursuivant nos recherches chimiques sur les dérivés organiques de la spartéine ([1]), nous avons réussi à combiner cet alcaloïde aux acides barbituriques disubstitués, réalisant ainsi des complexes analogues à ceux déjà décrits entre : le véronal et la diéthylamine, le dial et la dionine.

Nous décrirons dans la présente Note les combinaisons de la spartéine et des acides barbituriques substitués cycliques : éthylphénylmalonylurée et méthylphénylmalonylurée.

La spartéine étant bibasique peut donner théoriquement deux séries de dérivés avec ces acides barbituriques; seules les combinaisons neutres constituent des corps définis stables. La préparation des complexes basiques ne nous a donné que des produits très instables et mal définis.

A. *Éthylphénylbarbiturate neutre de spartéine : Préparation.* — On dissout l'éthylphénylmalonylurée [gardénal (Poulenc) ou luminal (Bayer)] dans q. s. d'alcool à 96° bouillant et à cette solution alcoolique on ajoute une solution éthérée de spartéine base, spartéine obtenue extemporanément à partir du sulfate officinal. Le mélange se fait dans la proportion de 2 molécules d'éthylphénylmalonylurée ($4^{g},64$) pour une molécule de spartéine ($2^{g},34$). On met à l'étuve à 50° et lorsque le mélange est arrivé à consistance sirupeuse on amorce la cristallisation, par refroidissement celle-ci s'opère en masse.

Propriétés, constitution. — L'éthylphénylbarbiturate neutre de spartéine se présente sous la forme d'aiguilles prismatiques translucides, s'agglomé-

([1]) F. Mercier, *Comptes rendus*, **191**, 1930, p. 224; F. et L.-J. Mercier, *ibid.*, **192**, 1931, p. 1590.

rant souvent en macles. Ces aiguilles, de saveur très amère, fondent à 148°-150° (point de fusion instantané au bloc Maquenne). Peu solubles dans l'eau froide, elles sont très solubles dans l'eau chaude.

A 20°, 1 partie d'éthylphénylbarbiturate neutre de spartéine se dissout dans :	chloroforme	4 parties
	alcool méthylique	4 »
	alcool éthylique	20 »
	acétone	25 »
	éther	40 »
	eau	700 »

L'éthylphénylbarbiturate neutre de spartéine est un sel anhydre : 1 gramme mis à l'étuve à 110° pendant trois heures perd moins de $0^g,005$ en poids. Il répond à la formule

$$2\left[CO\begin{matrix}\diagup NH-CO\diagdown \\ \diagdown NH-CO\diagup\end{matrix}C\begin{matrix}\diagup C^2H^5 \\ \diagdown C^6H^5\end{matrix}\right]C^{15}H^{26}N^2$$

Le dosage de la spartéine effectué sur $3^g,5$ de sel nous a donné $1^g,16$ de spartéine base (rendement théorique : $1^g,17$). Le corps sec n'est pas décomposé par un séjour de 3 heures à l'étuve à 110°; après 3 heures de chauffage à 135°, la décomposition est d'environ 5 pour 100. En solution aqueuse, l'éthylphénylbarbiturate de spartéine se décompose à partir de 100° et met en liberté ses constituants. La solution aqueuse saturée a un pH : 6,4.

B. *Méthylphénylbarbiturate neutre de spartéine.* — On prépare ce complexe comme le précédent. On obtient ainsi des aiguilles prismatiques incolores, amères, fondant à 154-156° (point de fusion instantané au bloc Maquenne). Ces aiguilles sont très peu solubles dans l'eau froide, beaucoup plus solubles à chaud.

A 20°, 1 partie de méthylphénylbarbiturate neutre de spartéine se dissout dans :	alcool méthylique	24 parties
	alcool éthylique	32 »
	acétone	40 »
	éther	64 »
	chloroforme	400 »
	eau	1000 »

Le méthylphénylbarbiturate neutre de spartéine répond à la formule

$$2\left[CO\begin{matrix}\diagup NH-CO\diagdown \\ \diagdown NH-CO\diagup\end{matrix}C\begin{matrix}\diagup CH^3 \\ \diagdown C^6H^5\end{matrix}\right]C^{15}H^{26}N^2.$$

Il est beaucoup moins résistant à la chaleur que l'éthylphénylbarbiturate

de spartéine. Il est décomposé en ses constituants dans la proportion de : 5 pour 100 à 110°; 15 pour 100 à 120°; 30 pour 100 à 130°, après 3 heures de séjour à l'étuve. D'autre part si l'on chauffe progressivement au bloc Maquenne des cristaux de méthylphénylbarbiturate neutre de spartéine, on constate que la libération de la méthylphénylmalonylurée se fait progressivement à partir de 130°; vers 160° apparaissent dans la masse des petits cristaux qui fondent à 220° (point de fusion de la méthylphénylmalonylurée); au contraire avec l'éthylphénylbarbiturate neutre de spartéine, le point de fusion 148°-150° est aussi bien le point de fusion instantané que le point de fusion par chauffage progressif.

Enfin les solutions aqueuses de méthylphénylbarbiturate neutre de spartéine sont instables à partir de 70° et libèrent les constituants du complexe. Le pH de la solution aqueuse saturée est 6,6.

En résumé la spartéine donne avec les acides barbituriques substitués cycliques des combinaisons d'addition dont seuls les complexes neutres constituent des produits définis. Parmi les complexes que nous avons ainsi préparés, l'*éthylphénylbarbiturate neutre de spartéine* est le plus stable.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Le fer dans le foie des fœtus de veau.* Note de M. **G. Roussel** et Mme **Z. Gruzewska**, présentée par M. Lapicque.

Bunge a énoncé une loi suivant laquelle l'organisme des nouveau-nés est notablement plus riche en fer que celui des adultes, cette réserve de fer étant probablement déposée en grande partie dans le foie. L. Lapicque a fourni, le premier, une confirmation de ce dernier point de la théorie de Bunge.

Peu après, Krüger, en 1890, a apporté des documents, non seulement sur la teneur en fer du foie de veaux nouveau-nés, mais encore sur celle des foies des fœtus D'après cet auteur, la quantité de fer des foies fœtaux subit, pendant la vie intra-utérine du fœtus, des variations notables; on y observe deux maxima dont le second est situé vers la fin de la grossesse.

Au cours d'une recherche sur les composés minéraux du foie des fœtus, pendant la croissance intra-utérine, nous avons eu l'occasion d'apporter à cette question du fer quelques documents nouveaux.

Pour nos dosages de fer nous avons adopté la méthode colorimétrique de L. Lapicque par réaction du sulfocyanure. On sait que la présence d'acide phosphorique dans les liquides à analyser est, pour cette réaction,

une cause dangereuse d'erreur surtout si la quantité de phosphates dépasse le taux indiqué par L. Lapicque. Aussi, comme cet auteur, nous avons éliminé les phosphates de nos solutions ferriques. Notre procédé est basé sur l'extraction du sulfocyanure ferrique, de nos liquides d'expériences, par une quantité constante d'alcool amylique. Le dosage colorimétrique a donc été effectué en solution alcoolique, et non en solution aqueuse.

Dans les résultats que nous donnons ici, le fer du sang contenu dans l'organe n'a pas été retranché. L'âge des fœtus a été déterminé approximativement par le personnel compétent. Les longueurs de quelques fœtus ont été relevées en suivant les indications de Krüger. Cependant, il est difficile, par ce procédé, de déterminer avec précision l'âge des fœtus, à cause des différences considérables que présentent les diverses races des animaux abattus. Les quantités de fer trouvé sont indiquées en pour cent du tissus frais car, nous nous sommes aperçus, comme L. Lapicque l'avait indiqué, que cette notation est celle qui fournit les indications les plus claires. Pour le dosage du fer nous nous sommes servis de notre colorimètre (éclairage du jour, lecture à la loupe), de celui de Baudoin et Bénard (éclairage artificiel fixe) et les derniers dosages ont été, en outre, contrôlés avec un nouveau colorimètre de précision.

Fœtus de veau.

Age en mois.	Longueur en centimètres.	Sexe.	Fer du foie frais pour 100.	Age en mois.	Longueur en centimètres.	Sexe.	Fer du foie frais pour 100.
3......	–	M	0,023	6 1/2....	65	–	0,019
3 1/2....	–	F	0,040	7......	–	M	0,008
4......	40	M	0,029	7-8....	–	F	0,007
4 1/2....	55	M	0,026	8 1/2....	90	F	{ 0,175 / 0,179
5......	55	M	{ 0,023 / 0,022	9......	190	M	{ 0,128 / 0,143
6......	65	F	0,027				
6......	–	F	0,0035				

En analysant les résultats, nous voyons que : la quantité du fer du foie fœtal de veau passe par un minimum aux environs de 6-7 mois, pour atteindre un taux très élevé vers 8 1/2-9 mois. Ce maximum correspond au deuxième maximum de Krüger situé vers la fin de la grossesse. Ainsi l'existence de la réserve du fer et des variations de quantités de ce composant minéral dans les foies fœtaux au cours de la vie intra-utérine est confirmée.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *La phosphatase plasmatique chez les tuberculeux pulmonaires.* Note de MM. **Léon Binet** et **Jean Pautrat**, présentée par M. Ch. Achard.

Les travaux modernes, et en particulier ceux de R. Robison ([1]), ont démontré le rôle d'un ferment, la phosphatase, dans le mécanisme des calcifications normales et pathologiques. Au niveau des cartilages de conjugaison, la phosphatase hydrolyse les phosphates organiques, mettant en liberté des phosphates minéraux insolubles.

Abondant dans certains tissus (intestin, rein, cartilage de conjugaison, poumon), ce ferment se trouve en petite quantité dans le sang (plasma et éléments figurés) : la méthode préconisée par H. D. Kay ([2]) en permet l'analyse dans le plasma par l'étude de l'action de ce dernier sur le β-glycérophosphate de soude. L'intensité de l'hydrolyse permet d'évaluer la quantité de phosphatase et se traduit par le chiffre exprimé en milligrammes de phosphore minéral libéré par 1^{cm^3} de plasma sanguin, en 48 heures, à 38°, à un pH de 7,6; il est en moyenne de 0,14 chez l'homme normal

Le rôle joué par la calcification dans les processus de guérison de la tuberculose pulmonaire nous a conduits à étudier la valeur de la phosphatase plasmatique chez 40 malades atteints de diverses formes et de divers degrés de cette maladie.

Une série de recherches expérimentales poursuivies sur le chien nous a antérieurement démontré que le taux de la phosphatase est le même, que le dosage porte sur le plasma du sang artériel ou sur le plasma du sang veineux mêlé (cœur droit); il n'est modifié, ni par l'hyperthermie obtenue expérimentalement à l'aide d'une injection de dinitrophénol 1-2-4, ni par l'asphyxie réalisée par compression trachéale. Ces données devaient être établies avant d'aborder l'exploration de sujets dont la température et la respiration sont si souvent altérées. Nos dosages ont porté sur le plasma du sang veineux.

Chez 12 malades atteints de tuberculose cavitaire, ayant un mauvais état général et une fièvre oscillante, le chiffre de la phosphatase plasmatique s'est montré abaissé, allant de 0,08 à 0,12.

Chez treize sujets, présentant une tuberculose ulcéro-caséeuse ou fibrocaséeuse et gardant un bon état général, chez des malades dont l'affection

---

([1]) *Biochem. Journ.*, **17**, 1923, p. 286.

([2]) *J. Biol. Chem.*, **89**, 1930, p. 235; *Physiological Review*, **12**, 1932, p. 384.

est relativement stabilisée, la phosphatase s'est montrée normale (0,13-0,15).

Chez quinze malades, le chiffre s'est montré élevé, de 0,16 à 0,83.

La phosphatase s'est montrée au-dessus de la normale pour une tuberculose qui vient compliquer le diabète; mais il faut savoir (nous l'avons observé chez l'animal dépancréaté) que le diabète, à lui seul, détermine une élévation de la phosphatase.

La phosphatase est supérieure à la normale lorsque la tuberculose du poumon est associée à une localisation osseuse : chez nos malades atteints par ailleurs de mal de Pott ou d'ostéite costale, les chiffres sont élevés, mais on sait fort bien (H. D. Kay) que les atteintes du tissu osseux entraînent une augmentation du ferment étudié.

Nous retiendrons dans ce travail huit malades atteints de *tuberculose fibreuse*, dont les lésions étaient le plus souvent pleuro-pulmonaires, présentant des signes de symphyse pleurale, montrant à l'examen radiographique des images opaques dans le parenchyme pulmonaire et ayant d'autre part un bon état général. La phosphatase a oscillé chez eux de 0,16 à 0,27.

Étudié sur un même malade, le taux de la phosphatase peut subir des variations suivant l'évolution de la maladie. Tel malade, atteint d'une tuberculose ulcéro-caséeuse bilatérale, avec amaigrissement considérable et fièvre oscillante, donne un chiffre de 0,08. Mais, deux mois plus tard, alors que la courbe de poids s'est relevée et que la fièvre s'est abaissée, il fournit un chiffre de 0,19. Inversement tel autre ayant d'abord un chiffre normal de 0,14, n'a plus que 0,10 un mois plus tard, alors que son état, local et général, s'était aggravé.

Conclusions. — La *phosphatase*, ferment qui joue dans les processus de calcification, s'est montrée nettement accrue dans le plasma des malades atteints de tuberculose pulmonaire fibreuse.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur les carotinoïdes des bactéries.* Note de M. **Erwin Chargaff**, présentée par M. A. Calmette.

Nous avons étudié les pigments carotinoïdes contenus dans un certain nombre de bacilles en nous basant sur leurs propriétés spectroscopiques et leur comportement envers différents adsorbants [1]. En même temps, nous

---

[1] Pour les travaux antérieurs sur les carotinoïdes bacillaires, voir L. S. Palmer, *Carotinoids and related pigments*, New-York, 1922, p. 119; V. Reader, *Biochem, Journ.*, **19**, 1925. p. 1039; E. Chargaff, *Zb. f. Bakt. I. Orig.*, **119**, 1930, p. 121.

avons déterminé par la colorimétrie la répartition quantitative des pigments. Nous avons étudié les bactéries suivantes : *Sarcina lutea*, *Sarcina aurantiaca*, *Staphylococcus aureus* et *Mycobacterium phlei* (bacille de la fléole). La séparation et la détermination des matières colorantes ont été effectuées d'après la méthode de R. Kuhn et H. Brockmann ([1]). Comme étalon colorimétrique, nous nous servions d'une solution d'azobenzène dans l'alcool éthylique. La détermination des centres des bandes d'absorption a été faite dans un spectrophotomètre de Löwe-Schumm en utilisant toujours des solutions des pigments dans l'essence de pétrole (P. E. 70°-80°). Les mesures spectroscopiques ont été faites par M. Richard Kuhn au Kaiser Wilhelm-Institut für medizinische Forschung, à Heidelberg. Les détails du travail seront publiés ailleurs.

Notons ici seulement les principaux résultats. La table suivante donnera une idée de la distribution des différentes fractions de pigment dans les bactéries étudiées :

Pigments (en milligrammes) contenus dans 1 gramme de bacilles secs.

Fraction.	*Sarcina lutea.*	*Sarcina aurantiaca.*	*Mycobacterium phlei.*	*Staphylococcus aureus.*
C	0,004	0,017	0,161	trace
X	0,001	0,004	0,002	0,025
XE	0,003	0,029	0,021	0,009

C, hydrocarbures; X, xanthophylles; XE, xanthophylles estérifiées.

I. *Sarcina lutea.* — Cet organisme contient deux carotinoïdes qui, selon toute apparence, n'ont pas encore été trouvés autre part : un hydrocarbure et une xanthophylle qui se trouve en grande partie sous forme d'ester. L'hydrocarbure, pour lequel le nom de *sarcinine* fut proposé par nous ([2]), montre deux bandes d'absorption très intenses à 469 et 440$^{m\mu}$ et une bande plus faible à 415$^{m\mu}$. En solution dans l'essence de pétrole (P. E. 70-80°), le pigment est adsorbé par un mélange d'une partie d'alumine en fibres (*Fasertonerde* de E. Merck, d'après Wislicenus) et de 4 parties d'alumine en poudre sous forme d'une zone jaune qui peut être éluée par l'essence de pétrole contenant 1 pour 100 d'alcool éthylique. La *xanthophylle* de *Sarcina lutea* a deux bandes d'absorption très nettes

([1]) *Zeitschr. physiol. Chem.*, **206**, 1932, p. 41.

([2]) E. Chargaff et J. Dieryck, *Naturwiss*, **20**, 1932, p. 872.

à 469 et 440$^{m\mu}$. Elle n'est pas adsorbée par le carbonate de calcium; cependant par l'alumine en fibres une adsorption complète a lieu.

II. *Sarcina aurantiaca*. — Bien que cette sarcine appartienne à la même famille biologique que *Sarcina lutea*, elle contient des pigments tout à fait différents. Comme hydrocarbure nous trouvons le *carotène* β avec des bandes d'absorption à 485 et 455$^{m\mu}$; comme xanthophylle (partiellement estérifiée) la *zéaxanthine* avec les centres d'absorption à 485 et 455$^{m\mu}$.

III. *Staphylococcus aureus*. — Cet organisme ne contient qu'une xanthophylle, estérifiée en partie, avec des bandes d'absorption à 483 et 453$^{m\mu}$, ce qui indique la présence de la *zéaxanthine*.

IV. *Mycobacterium phlei* (bacille de la fléole). — Ce saprophyte acido-résistant contient deux hydrocarbures colorés, qui furent séparés par adsorption. L'un d'entre eux est le *carotène* β avec des bandes à 485, 452 et 425$^{m\mu}$, l'autre est apparemment le *carotène* γ (1) (ce qui paraît remarquable) avec des bandes d'absorption très nettes à 493, 462 et 432$^{m\mu}$. Le carotène γ se trouve dans les bacilles de la fléole à une concentration de $0^{mg},006$ dans 1^{g} de bacilles, soit 4 pour 100 des hydrocarbures totaux. La quantité de la xanthophylle non estérifiée est très petite. Les bandes de cette fraction étaient à 460 et 427$^{m\mu}$. La xanthophylle estérifiée semble être de la *lutéine* avec des bandes à 479 et 449$^{m\mu}$ (2).

SPECTROCHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur les spectres de fluorescence de l'hypéricine et de la mycoporphyrine*. Note de M. **Ch. Dhéré**, présentée par M. L. Lapicque.

L'hypéricine (pigment extrait de l'*Hypericum perforatum*) et la mycoporphyrine (pigment extrait d'une sorte d'Ascomycète : *Penicilliopsis clavariæformis*), bien que provenant de végétaux extrêmement éloignés dans la classification botanique, ne sont peut-être qu'un seul et même pigment (Hans Fischer) : pigment dont les propriétés optiques (absorption et fluorescence) sont tout à fait remarquables, comme on le sait depuis longtemps.

J. Reinke (3) a même dit de la mycoporphyrine que, si l'on considère

(1) R. Kuhn et H. Brockmann, *Ber. dtsch. chem. Ges.*, 66, 1933, p. 407.

(2) Ce travail a été subventionné par le *Elizabeth Thompson Science Fund*.

(3) *Annales du Jardin botanique de Buitenzorg*, 6, 1887, p. 73.

les spectres d'absorption, elle est la plus remarquable matière colorante des plantes après la chlorophylle; mais c'est à tort que cet auteur a cru que ce pigment pouvait être rapproché de la chlorophylle et surtout de l'hématoporphyrine au point de vue chimique (1). Il doit s'agir, comme l'a montré C. Cerny (2) pour l'hypéricine, d'un pigment exempt d'azote et appartenant probablement au groupe de la flavone.

La fluorescence de l'hypéricine, qui confère à ce pigment des propriétés photodynamiques dont l'étude intéresse la pathologie comparée, n'a été jusqu'à présent examinée que d'une façon superficielle; tout ce qu'on sait du spectre, c'est qu'il serait, d'après une observation de B. Walther (3), formé de deux bandes séparées par une portion sombre (pas de données numériques).

Mes recherches ont porté sur de l'hypéricine et de la mycoporphyrine convenablement purifiées. L'hypéricine a été préparée seulement à partir de pétales (avec étamines) soigneusement séparés; la mycoporphyrine à partir d'échantillons de *Penicilliopsis clavariaeformis* que le Directeur du Jardin botanique de Buitenzorg (Java), M. le Dr Dammermann, a eu l'extrême obligeance de faire cultiver pour moi sur des graines de *Diospyros subtruncata*.

Au cours de nombreux essais, j'ai reconnu que la pyridine constitue le solvant de choix pour l'étude de la fluorescence (rayons excitateurs violets et ultraviolets); les déterminations en solution alcoolique (alcool absolu) sont données ici pour la comparaison (λ en $m\mu$) :

		Absorption.	Fluorescence.		
Solutions des pigments:		Bande I.	Bande I.	Bande II.	Bande III.
Dans la *pyridine*	hypéricine......	606-596	657-648	626-619	610-599
	mycoporphyrine.	606-595	659-645	627-616	610-600
Dans l'*alcool*	hypéricine......	597-585	648-635	616-608	600-592
	mycoporphyrine.	595-588	649-635	615-605	599-589

La fluorescence dans la pyridine est notablement plus rouge que dans l'alcool et rappelle bien davantage celle de l'hématoporphyrine. A première vue, avec une fente assez large, le spectre semble ne comprendre que deux

(1) Voir les expériences décisives de Hans Fischer et Georg Niemann, *Ztschr. f. physiol. Chem.*, 146, 1925, p. 215.

(2) *Ztschr. f. physiol. Chem.*, 73, 1911, p. 371.

(3) Cf. Wolff, *Pharmaceutische Centralhalle*, 36, 1895, p. 193.

bandes de fluorescence, comme l'ont dit Walther pour l'hypéricine et Reinke pour la mycoporphyrine ([1]); mais un examen spectroscopique plus attentif, avec une fente étroite, montre nettement et incontestablement les trois bandes qui viennent d'être indiquées; sur mes spectrogrammes, ces trois bandes sont tout à fait distinctes, les deux bandes extrêmes étant d'ailleurs les plus intenses. Un spectre présentant une telle structure est assurément intéressant pour les physiciens aussi.

Entre l'hypéricine et la mycoporphyrine, les différences semblent vraiment insignifiantes; et nous croyons pouvoir dire que ces deux pigments sont identiques quant à leurs spectres de *fluorescence*, comme ils le sont quant à leurs spectres d'*absorption*, d'après des observations relativement récentes de Hans Fischer et R. Hess ([2]).

MICROBIOLOGIE. — *Sur le mécanisme de la réaction de Henry dans l'infection paludéenne.* Note ([3]) de MM. **V. Chorine** et **R. Gillier**, transmise par M. Calmette.

On sait que la réaction imaginée par Henry se traduit par une floculation du sérum de Paludéens en présence de mélanine. Le mécanisme n'en est pas encore expliqué.

La théorie des endo-antigènes de A. F. X. Henry ([4]), le rôle des globulines invoqué par F. Trensz ([5]), la théorie de R. Gille ([6]) de l'hydrolyse de l'euglobuline du sérum sous l'influence du formol, ne reposent sur aucune preuve expérimentale et ne peuvent pas expliquer toutes les réactions positives. Dans une Note précédente, nous avons démontré que la mélanine ne possède pas de propriété antigène et que la destruction massive et répétée des globules rouges ne provoque pas de réaction positive ([7]).

Depuis, nous nous sommes attachés à l'étude du phénomène de surfloculance des sérums positifs, remarqué par Henry lui-même et par Trensz.

([1]) Première bande entre 650 et 630; deuxième bande entre 616 et 580, avec maximum de 610 à 600 (solution alcoolique), d'après Reinke.

([2]) *Zeitsch. f. physiol. Chem.*, 187, 1930, p. 136.

([3]) Séance du 16 octobre 1933.

([4]) *Congrès pour l'avancement des sciences*, Constantine, 51, 1927, p. 546.

([5]) *Bull. de la Soc. de Path. Exot.*, 25, 1932, p. 230.

([6]) *C. R. Soc. de Biol.*, 112, 1933, p. 334.

([7]) V. Chorine et R. Gillier, *C. R. Soc. de Biol.*, 113, 1933, p. 1419.

L'un de nous observa que cette surfloculance croît régulièrement avec l'intensité de la réaction au cours d'une infection palustre [1].

Si ce parallélisme dépend uniquement de l'augmentation de la quantité des globulines dans le sérum, nous devons avoir une réaction positive par addition de globuline au sérum. C'est ce que nous nous sommes efforcés de rechercher.

Les globulines ont été séparées des sérums de lapins ou de cheval en les précipitant deux ou trois fois par le sulfate d'ammonium à demi-saturation et en les purifiant ensuite par dialyse. Ce sont les globulines ainsi préparées, désséchées et pulvérisées, qui nous ont servi dans toutes nos expériences ultérieures.

Une mélano-floculation positive marque, au photomètre de V. B. Y., 54 au moins. Un sérum normal de lapin, contenant $28^{g},286$ de globuline par litre, donne au photomètre une mélano-réaction négative : 32,5 dans l'eau distillée et 28 dans l'eau salée. Quand on lui ajoute 10^{g} de globuline par litre, les chiffres s'élèvent à 54 et 44 et, avec 20^{g}, à 86 et 73. La surfloculance croît en même temps et dans les mêmes proportions. Toutes nos expériences nous ont donné des résultats identiques.

L'un de nous a vu que la mélano-réaction devient négative après chauffage du sérum à 55° pendant une demi-heure [1]. De même, les sérums, additionnés de globuline, cessent de donner un résultat positif quand on les chauffe à la même température.

Nous nous sommes demandé si la réaction ne reposait pas sur la solubilité des globulines, plus grande dans le sérum que dans l'eau distillée formolée utilisée pour la réaction, la mélanine ne jouant que le rôle d'un indicateur coloré. S'il en est ainsi, nous devons obtenir des réactions analogues avec d'autres substances jouissant de la même propriété. C'est ce que l'expérience nous a révélé. Les sérums riches en cholestérine font floculer la mélanine; 1^{g} de lécithine par litre, émulsionné dans un sérum négatif, le transforme en un sérum fortement positif; l'acide urique, dont la solubilité dans le sérum est à peine plus forte que dans l'eau distillée, augmente aussi la floculation. Comme il était à prévoir, l'action de ces diverses substances s'additionne.

Il est donc vraisemblable que ces substances (et d'autres encore qui jouissent de la même propriété) sont susceptibles d'intervenir dans la réaction de Henry. Mais, étant donnée leur solubilité plus grande dans les

(1) V. Chorine, *Bull. de la Soc. de Path. Exot.*, 26, 1933, p. 269.

solutions salines, on voit de suite qu'il faut faire intervenir le rôle des sels dissous dans le sérum. L'expérience nous a montré, en effet, que la dialyse d'un sérum augmente l'intensité de la mélano-floculation. Au contraire, l'addition d'électrolyte au sérum positif : NaCl de 3 jusqu'à 5^g et KCl de 2 jusqu'à 5^g par litre, suivant la quantité de globuline, entrave la réaction.

Au cours du paludisme, la concentration saline du sang subit des variations assez brusques. En dehors des accès, le point cryoscopique du sérum se trouve aux environs de $-0°,55$, le Δ du sérum normal étant compris entre $-0°,56$ et $-0°,58$: il y a donc une baisse légère de la concentration saline du sérum chez les malades en apyrexie. Au moment de l'accès, sans que les globulines du plasma varient d'une façon appréciable, la concentration saline du plasma se trouve fortement augmentée : le Δ est compris entre $-0°,65$ et $-0°,70$. Cette baisse du Δ correspond environ à 2^g de NaCl et à $2^g,6$ de KCl par litre.

L'expérience nous a montré que les ions de K agissent plus activement sur la solubilité des globulines que ceux du Na. D'après le travail d'Andriadze [1], il y a une forte augmentation de K dans le sang, provenant des globules rouges détruits au début de l'accès. L'apport des sels de K explique la disparition souvent complète, mais toujours passagère, de la réaction au cours de l'accès. Les sels de K s'éliminent rapidement par les urines en même temps que la réaction redevient positive.

Conclusion. — La réaction de Henry, qui rend d'utiles services en malariologie, est commandée : 1° par l'accroissement des substances dissoutes dans le sérum et peu ou pas solubles dans l'eau distillée formolée; 2° par la concentration moléculaire du sang.

C'est un déséquilibre dans la proportion de ces deux facteurs que révèle la réaction de Henry.

La séance est levée à $15^h 25^m$.

A. Lx.

---

(1) Andriadze, *Nachr. der Trop. Medizin*, Tiflis 2, 1929, p. 9.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 30 OCTOBRE 1933.

PRÉSIDENCE DE M. ÉMILE BOREL.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **Charles Richet**, Président de l'Académie, Membre de la Section de Médecine et Chirurgie, adresse à M. A. Lacroix, Secrétaire perpétuel, la dépêche suivante :

Nice, 30 octobre, 13h.

Double deuil cruel pour Patrie, Science et Académie. Présentez à tous nos confrères mon émotion douloureuse. Serai vendredi de retour à Paris.

Charles Richet.

Après le dépouillement de la Correspondance, M. le **Président** s'exprime en ces termes :

Mes chers Confrères,

La nouvelle de la mort de **Paul Painlevé** a produit une émotion profonde non seulement dans la France entière, mais parmi toutes les nations civilisées. Il m'est cependant permis de dire qu'elle n'a été nulle part plus vivement ressentie qu'au sein de cette Compagnie à laquelle il appartenait depuis 33 ans et où il n'avait que des admirateurs et des amis. Tous, ici comme ailleurs, étaient séduits par le charme inexprimable qui émanait de sa personne, par l'ardeur communicative avec laquelle il se passionnait pour toutes les nobles causes et toutes les grandes idées. Lorsque le 10 décembre 1900, à peine âgé de 37 ans, il était élu Membre de l'Académie des Sciences, il y arrivait déjà précédé d'une renommée universelle. Ses travaux sur les équations différentielles à points critiques fixes avaient

soulevé l'admiration de tous les mathématiciens. Pour la première fois depuis la découverte mémorable des fonctions elliptiques, un géomètre avait su créer des fonctions entièrement nouvelles définies par des équations différentielles très simples. Ces équations différentielles de Painlevé constituaient, depuis la fondation du calcul intégral, le premier exemple connu d'équations qui se trouvent intégrées à l'aide de la théorie des fonctions sans être réductibles à aucune combinaison d'équations linéaires ou de quadratures.

A côté de cette découverte d'un éclat exceptionnel qui était le couronnement de 15 ans de travaux sur les singularités des fonctions analytiques, d'autres recherches de Painlevé, qui auraient suffi à assurer la renommée de beaucoup d'autres, passaient relativement inaperçues. Il faut néanmoins mentionner à part ses travaux sur le frottement, car ils marquent l'orientation de son esprit, d'abord consacré à des recherches purement abstraites, vers des problèmes concrets. Cette orientation s'accentua encore lorsqu'il fut chargé de l'enseignement de la Mécanique à l'École Polytechnique et à la Faculté des Sciences de Paris. Il concevait la Mécanique comme une science véritablement universelle qui exige de ceux qui la cultivent à la fois la connaissance approfondie des méthodes les plus modernes de l'analyse et la science la plus avertie du monde physique.

Il se trouva ainsi mieux préparé que tout autre à devenir le grand théoricien de l'aviation. Dès les débuts du vol mécanique il s'y intéressa passionnément d'une manière à la fois pratique et théorique. Il n'était pas de ces théoriciens auxquels on peut reprocher de méconnaître les réalités. Par son enseignement, par ses livres, par ses articles, par ses discours, par son action multiple et féconde, par sa foi en l'avenir de l'aviation, il apporta une contribution exceptionnelle à ses progrès et c'est à lui plus qu'à tout autre que la France doit la place qu'elle occupe en ce domaine parmi les autres nations.

Je n'ai pas à parler ici de l'activité politique de Paul Painlevé. C'est cependant un devoir de mentionner qu'il créa pendant la guerre, au ministère de l'Instruction publique, le service des Inventions intéressant la défense nationale auquel ont collaboré beaucoup de nos confrères et qui est devenu l'Office des inventions dirigé par notre confrère J. L.-Breton. C'est là un exemple frappant des services rendus par le souci constant de Painlevé de ne jamais séparer les théories des applications, mais de les vivifier les unes par les autres. Vous m'en voudriez également de ne pas mentionner la part qu'il prit à la préparation de la victoire comme Ministre de la Guerre

et comme Président du Conseil, et les services qu'il a rendus plus tard à la Science et à la Patrie comme Ministre de la Guerre et comme Ministre de l'Air.

Pardonnez-moi l'insuffisance de mes paroles. Pour rendre à Paul Painlevé un hommage digne de lui, il faudrait un recueillement et une méditation dont mon émotion me rend incapable. Qu'il me soit permis de donner à ceux qui le pleurent l'assurance que son souvenir restera vivant dans nos cœurs, et que nous pleurerons longtemps avec eux ce grand savant et ce grand Français chez lequel les qualités humaines les plus délicates s'alliaient aux dons les plus prestigieux de l'esprit.

Une heure seulement après la mort de Painlevé, un nouveau deuil particulièrement cruel frappait l'Académie. **Albert Calmette** disparaissait, lui aussi, prématurément.

M. le Secrétaire perpétuel Lacroix retracera sa carrière scientifique avec plus de compétence que je ne saurais le faire. Vous me permettrez cependant d'apporter mon témoignage à ce grand savant, qui fut aussi un grand homme de bien; par ses découvertes, il soulagea l'humanité, se montrant le digne disciple du grand Pasteur. Il ne comptait que des amis parmi nous et sa mort sera douloureusement ressentie par tous.

J'apporte en votre nom à tous les siens l'hommage ému de notre sympathie.

L'œuvre scientifique de Paul Painlevé, par M. **Émile Picard**.

M. le Président veut bien me demander d'ajouter quelques mots sur la carrière scientifique de M. **Painlevé**. Cette carrière, je l'ai suivie dès le début; je faisais partie du Jury d'admission à l'École Normale quand Painlevé s'est présenté en 1883 à cette École, et j'ai conservé un souvenir très précis de cette première rencontre avec lui. Le désir de prendre les questions en leur donnant la plus grande généralité possible apparaissait déjà chez le jeune candidat, et j'ai retrouvé la même disposition d'esprit pendant son séjour à l'École. Tel Painlevé était à cette époque lointaine, tel il est resté pendant toute sa carrière scientifique. Ce peut être là une disposition dangereuse pour ceux qui n'ont pas une grande puissance d'invention, mais Painlevé était très richement doué sous ce rapport, et son audace l'a toujours bien servi dans ses travaux scientifiques.

On sait le rôle considérable que jouent les équations différentielles non

seulement en Analyse, mais dans les applications les plus variées de la Mécanique et de la Physique mathématique; il n'est pas jusqu'à la Physique la plus moderne de la Théorie des quanta qui, au milieu des discontinuités qui sont son domaine, n'envisage des équations différentielles, supports en quelque sorte, si j'ose dire, de certaines probabilités.

Dans les équations différentielles à une variable, dont Painlevé s'est surtout occupé, les points singuliers des intégrales jouent un rôle capital. En se bornant aux équations différentielles algébriques, tous les points singuliers, variables d'une intégrale à l'autre, sont des points critiques algébriques, quand l'équation est du premier ordre. On savait qu'il en était autrement quand l'équation est d'ordre supérieur au premier, et une étude extrêmement difficile était à faire, que Painlevé a menée jusqu'à son dernier terme pour les équations du second ordre. Au début de la classification, il ne rencontra d'abord que des fonctions se ramenant à des fonctions connues, mais bientôt se présentèrent des fonctions nouvelles, en particulier avec des équations à points critiques fixes ou à intégrales uniformes.

Henri Poincaré disait un jour : « Il y a des problèmes qui se posent, et d'autres qu'on se pose ». Certes ces derniers peuvent être intéressants, mais les premiers ont des chances d'être plus importants, surtout quand ils ont déjà été sans succès l'objet de nombreuses tentatives. C'est ainsi que Painlevé a fait dans le domaine des équations différentielles la découverte inattendue de fonctions transcendantes entièrement nouvelles, auxquelles son nom restera justement attaché. C'est là un de ses plus mémorables travaux.

Les recherches précédentes avaient été précédées de nombreuses études d'approche, où l'on rencontre toujours la même tendance d'esprit. Des questions élégantes et relativement faciles sont négligées par Painlevé pour aller à un point central, où se découvrent de grands horizons. Ainsi il a écrit d'importantes pages sur les transformations rationnelles des courbes et des surfaces algébriques, et sur les transformations biuniformes de ces dernières.

Les problèmes de Mécanique analytique et de Mécanique céleste, où tout se ramène à des équations différentielles, devaient nécessairement appeler l'attention de Painlevé, si bien préparé par ses travaux antérieurs. On lui doit de remarquables résultats sur les cas où les équations de la Mécanique analytique admettent des intégrales premières rationnelles ou algébriques par rapport aux vitesses; ici, encore on rencontre des équa-

tions à points critiques fixes, et la théorie générale indiquée plus haut a eu des applications inattendues. Disons seulement que Painlevé a pu établir, en étendant un théorème célèbre de Poincaré, que le problème des n corps ne saurait comporter, en outre des intégrales classiques, aucune intégrale première *uniforme* par rapport aux vitesses.

Les questions de Mécanique générale ont toujours beaucoup intéressé notre confrère. Ses cours de Mécanique à la Sorbonne et à l'École Polytechnique renfermaient nombre de vues originales. Il attachait une grande importance à ses recherches sur la Mécanique analytique du frottement où il montrait que les lois empiriques de Coulomb peuvent conduire à des impossibilités; ce fut l'objet de longues discussions sur la façon dont se comportent dans certains problèmes de frottement les corps regardés comme solides. Que de théorèmes très cachés de mécanique rationnelle nous pourrions aussi citer. Ainsi, comme sorte de complément à une proposition classique de Dirichlet sur la stabilité de l'équilibre, on croyait généralement que l'équilibre d'un système est nécessairement *instable* quand la fonction des forces n'est pas maxima. En réalité, il n'en est rien, comme Painlevé l'a montré sur des exemples où la fonction des forces est bien déterminée et continue ainsi que ses dérivées premières et secondes. Un autre exemple montrera combien Painlevé avait réfléchi sur les principes fondamentaux de la Mécanique. Quelques-uns d'entre nous peuvent se rappeler que le problème du chat retombant sur ses pattes occupa un instant l'Académie en 1894. Réfléchissant longtemps après à ce problème, Painlevé se pose la question suivante : « Un système matériel pesant, étant abandonné en repos dans le vide à la seule action de la pesanteur, peut-il reprendre sa configuration initiale, étant orienté différemment dans l'espace, chaque particule se retrouvant d'ailleurs dans le même état thermique, élastique, etc., qu'au départ ? » Painlevé montre que la chose est impossible, à moins que le système n'ait été le siège de phénomènes *irréversibles*. Ainsi l'animal ne reprend pas entièrement son état physique du début quand il revient d'après l'observation vulgaire à sa forme initiale. Le profond analyste qu'était Painlevé avait aussi le sens des réalités physiques.

Telle fut, trop succinctement rappelée, la carrière scientifique de Paul Painlevé. J'en ai assez dit, je crois, pour montrer qu'il fut un mathématicien de premier ordre, laissant derrière lui une œuvre d'une grande originalité. Depuis nombre d'années, d'autres soucis l'ont absorbé, et nous avions rarement le plaisir de le voir parmi nous, quoiqu'il ne cessât de

s'intéresser à tout ce qui se passait à l'Académie. Dans les diverses situations qu'il occupa, notre regretté confrère était resté bon et simple, fidèle à ses amitiés, et toujours prêt à obliger. Nous n'oublierons pas ici le savant illustre, dont les travaux font grand honneur à la science française.

M. A. LACROIX lit la Notice suivante sur le *Dr Calmette* :

La nouvelle de la mort du Dr CALMETTE a causé parmi nous une véritable stupeur et de profonds regrets. Lundi dernier, il était dans cette salle, plein de vie. Hier matin, il a été emporté, après quelques heures de souffrance, par une affection devant laquelle les soins les plus compétents et les plus dévoués devaient rester impuissants.

Notre Confrère laisse une grande et belle œuvre, à la fois scientifique, humanitaire et d'intérêt économique, car elle a été consacrée non seulement à des recherches ayant pour objet le soulagement des misères humaines, à la lutte contre les plus redoutables fléaux, la peste, la variole et surtout la tuberculose, mais encore à des travaux d'une importance primordiale pour certaines industries agricoles.

Ainsi s'explique pourquoi, après avoir été élu, dès 1907, Correspondant pour notre Section de Médecine et de Chirurgie, il était devenu, en 1927, Membre titulaire de la Section d'Économie rurale.

Albert Calmette est né à Nice, le 12 juillet 1863. Médecin de la Marine nationale, puis, à partir de 1890, du Corps de Santé des Colonies, il a atteint le grade de médecin-inspecteur, tout en professant à la Faculté de médecine de Lille, et ensuite à l'Institut Pasteur dont il était sous-directeur, nominalement depuis 1917, effectivement depuis 1919.

De 1883 à 1885, il a pris part à la campagne de Chine, sous les ordres de l'amiral Courbet. Sans négliger ses devoirs militaires, il fréquentait avec assiduité les hôpitaux chinois de Hong Kong; il eut la bonne fortune d'y rencontrer l'illustre médecin anglais, Sir Patrick Manson, qui l'initia à ses travaux sur la filariose. Ce furent là ses débuts dans la science.

Il fit ensuite campagne au Gabon et au Congo (1886 à 1887) et s'intéressa alors à la maladie du sommeil, ainsi qu'à l'hémoglobinurie d'origine paludéenne.

De 1888 à 1890, il sert à Terre-Neuve, Saint-Pierre et Miquelon, où sa curiosité scientifique le pousse à rechercher la cause de la coloration rouge

que prend parfois la morue salée. Il fait voir qu'elle est d'origine bactérienne et due à des organismes apportés par le sel de certaines provenances. Le désir d'étudier plus à fond cette maladie et d'en chercher la guérison le conduit à l'Institut Pasteur récemment créé. Le Maître et le Dr Roux accueillent avec empressement cette recrue de choix qui allait faire tant d'honneur à la maison.

En 1890, la variole et la rage sévissaient parmi les indigènes de l'Indochine, Pasteur désigna Calmette au Sous-Secrétaire d'État aux Colonies pour aller les combattre. Afin de parer à la perte d'activité du vaccin jennérien au cours de son transport en Extrême-Orient, le jeune médecin imagine de le produire sur place par inoculation à des bufflons; le succès obtenu est tel que Saïgon devient, et est resté, le centre de production de ce vaccin, comme aussi du vaccin antirabique, non seulement pour notre grande Colonie, mais aussi pour tout l'Extrême-Orient.

De cette époque datent encore les études de Calmette sur le venin de serpents, poursuivies ensuite en France. Elles l'on conduit à la découverte de son sérum antivenimeux et à la rédaction d'un beau livre, bientôt devenu classique, dans lequel la question de la sérothérapie antivenimeuse est traitée à tous les points de vue, théoriques et pratiques. Depuis lors, des Instituts pour la production du sérum Calmette ont été créés un peu partout.

Pendant son séjour en Indochine, notre Confrère ne s'était pas contenté de démontrer par l'exemple quels services pouvait y rendre la microbiologie; il était parvenu à prouver à l'Administration coloniale que l'étude de cette science devait être faite avec continuité, sous une direction stable. On sait, en effet, que la plaie dont souffrent, et quelquefois meurent, les organismes scientifiques de nos colonies, quels qu'ils soient, est le changement périodique du personnel qui y travaille. C'est ainsi que Calmette fut conduit à fonder l'Institut Pasteur de Saïgon, première filiale de celui de Paris, prototype de ceux qui, depuis lors, ont été créés dans diverses parties de la France d'Outre-mer.

Le séjour de Calmette en Cochinchine eut un résultat aussi imprévu qu'important pour une de nos industries nationales. Annamites et Chinois sont très friands d'alcool de riz parfumé. Calmette constata que la levure employée pour sa fabrication était une moisissure du genre *Mucor* qui sécrète une diastase transformant l'amidon en sucre; plus tard, son mycélium se segmente en cellules arrondies qui se comportent comme une levure et changent le sucre en alcool.

A son retour en France, Calmette fit une étude approfondie de cette levure-moisissure et s'en servit pour révolutionner la fabrication de l'alcool de grain, si active dans le nord de la France.

Ses talents d'organisateur étaient alors employés à la création à Lille d'un Institut Pasteur, à la tête duquel il est resté pendant un quart de siècle et auquel il a donné un développement de plus en plus grand. Il y a ainsi rendu d'inestimables services à la santé publique, à l'agriculture, à l'industrie.

C'est là, en effet, qu'il a poursuivi et mené à bien ses recherches sur l'épuration des eaux résiduaires, perfectionnant des procédés en usage en Amérique et en Angleterre. Les travaux de Calmette et de ses collaborateurs sur la constitution et le fonctionnement des lits bactériens ne remplissent pas moins de neuf gros volumes.

Pendant cette même période de son activité, il a résolu le difficile problème du maintien de la virulence du vaccin jennérien, en le faisant passer de la génisse au lapin.

Il faut encore noter les nombreuses missions dont il a été chargé et en particulier celle de Porto, lors de l'épidémie de peste bubonique de 1899; en collaboration avec le D[r] T. Salembeni, il perfectionna le sérum antipesteux découvert par Yersin et sauva ainsi beaucoup de vies humaines. Il organise ensuite l'Institut Pasteur d'Alger, aujourd'hui brillamment dirigé par notre correspondant le D[r] Edmond Sergent, puis, sur la demande du gouvernement hellène, il va en créer un autre, à Athènes.

Si importants que soient les travaux qui viennent d'être brièvement rappelés, l'œuvre principale de Calmette n'est pas là. Elle réside dans ses recherches sur la tuberculose, poursuivies avec une inlassable persévérance pendant plus de vingt-cinq ans. Elles dérivent des découvertes de Pasteur et de ses élèves sur l'atténuation des virus et les vaccinations préventives. Innombrables avaient été les tentatives faites dans cette voie, depuis la découverte du bacille de la tuberculose par Robert Koch.

Mettant à profit les enseignements résultant des insuccès de ses émules et aussi des siens, aidé par son fidèle collaborateur C. Guérin, Calmette s'est livré, tout d'abord, à l'étude de la marche de la maladie sur les petits animaux de laboratoire et sur les Bovidés. Ayant acquis la certitude que la pénétration des bacilles dans l'organisme se fait par le tube digestif, il s'est efforcé de trouver un bacille tuberculeux incapable de produire une tuberculose évolutive, ne faisant courir aucun danger à l'animal qui le reçoit et à l'homme qui le manie et ayant cependant les propriétés antigènes qui

assurent la prémunition. Calmette et Guérin l'ont trouvé en cultivant un bacille d'origine bovine dans un milieu alcalinisé par de la bile de bœuf glycérinée.

Des expériences répétées pendant de longues années ayant démontré l'innocuité de ce bacille pour tous les animaux domestiques, ce qui déjà était d'un grand intérêt pour la défense du cheptel bovin, Calmette l'a appliqué à l'homme. Il l'a fait ingérer (1921) dans du lait à des nouveau-nés. On sait que, dans les premiers jours de leur existence, ceux-ci sont particulièrement sensibles à la tuberculose et s'infectent en grand nombre.

Le succès de ce vaccin B. C. G. a conduit à l'appliquer déjà, dans les pays les plus divers, à plusieurs centaines de mille d'enfants. Des statistiques soigneusement contrôlées, et portant sur onze années, ont fourni des résultats impressionnants, en montrant son efficacité et son inocuité. Cette découverte, si pleine de promesses pour l'avenir est donc d'une importance capitale pour l'humanité, Calmette l'a défendue avec une indomptable énergie contre vents et tempêtes. Son dernier effort aura été de créer, à l'Institut Pasteur un grand laboratoire équipé d'après les derniers enseignements de la science moderne et spécialement destiné à la préparation et à la diffusion de ce vaccin.

Notre Confrère ne s'est pas contenté de ces recherches de laboratoire. Pendant les années passées au milieu des populations industrielles du nord de la France, où la tuberculose fait de grands ravages, témoin de l'étendue des misères et des ruines qu'elle cause, il a mis toute son activité et tout son cœur à la combattre à l'aide de diverses œuvres sociales dont le principal organisme fut le préventorium, ayant pour but de dépister l'infection, dispensaire dont le type a été bientôt imité et reproduit dans un grand nombre de points du monde.

Par ailleurs, son dévoûment et son besoin de prosélytisme pour toutes les causes qui lui étaient chères se sont manifestés par la plume et par la parole dans de nombreuses conférences faites souvent au delà de nos frontières. Il avait l'art de grouper autour de lui de fervents disciples qu'attirait le charme se dégageant de sa personne autant que sa science.

En terminant, je ne saurais oublier de rappeler le rôle bienfaisant que le Directeur de l'Institut Pasteur de Lille a rempli durant les quatre dures années de l'occupation de cette ville par les Allemands; dans ces circonstances tragiques il a prouvé que la modestie dans le caractère peut s'allier à la fermeté et au courage sans défaillances.

Les mérites de notre Confrère avaient été reconnus, non seulement en France par son élection à l'Académie de Médecine et dans notre Compagnie, mais encore par les nombreuses sociétés scientifiques étrangères, notamment la Société royale de Londres, qui l'avaient appelé à elles.

Avec Albert Calmette, disparaît une belle figure de la science expérimentale et de la médecine, un grand serviteur de la Patrie. Je suis l'interprète de l'Académie en adressant ses respectueuses condoléances à la vaillante compagne de sa vie.

ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE. — *Sur la réalité du reste d'éclair sphérique.* Note [1] de M. **E. Mathias**.

1. Nous croyons utile de revenir sur la réalité du *reste d'éclair* sphérique, en ne mettant en œuvre que la définition physique du *corps matériel.* Un *corps* est une portion de *matière*, c'est-à-dire de quelque chose qui existe dans le temps et dans l'espace. Le *corps matériel* doit donc avoir une forme, un volume, une durée et nécessairement une masse, c'est-à-dire que dans le champ gravifique terrestre il se comporte comme un corps pesant, obéissant au principe d'Archimède.

2. Lorsqu'un courant électrique naturel jaillit entre un nuage et la terre, ou entre deux nuages, sa durée est très courte (de l'ordre du cent-millième de seconde). Cette *cause* fugace produit dans l'air un *effet* lumineux (éclair). En fait, l'*effet* apparaît comme un *reste*, qui dure beaucoup plus que la *cause* qui lui a donné naissance.

Si l'énergie du courant électrique naturel est assez grande, le *reste d'éclair*, habituellement linéaire et brillant, sous l'influence de forces dont nous ne nous occuperons pas, raccourcit sa longueur, élargit sa section (en diminuant ainsi sa surface extérieure et son refroidissement) et atteint sa *surface minima* sphérique. C'est ce *reste d'éclair* sphérique qui nous occupera exclusivement. En ce faisant, nous suivrons les méthodes de l'enseignement qui, pour montrer expérimentalement un phénomène, en grossissent l'effet le plus possible, s'il est petit, pour le rendre plus perceptible.

3. Le *reste d'éclair* sphérique a bien les propriétés du *corps matériel.*

Forme. — Ici, la forme sphérique est nette si le *reste d'éclair* est immobile; elle résulte d'observations anciennes ou récentes qui sout légion. Si le *reste d'éclair* a une vitesse de translation plus ou moins grande, sa forme

---

[1] Séance du 23 octobre 1933.

sphérique devient celle d'une *carène fluide* qui se meut dans le milieu résistant qu'est l'air.

Volume. — Sa valeur est $4/3 . \pi R^3$, R étant le rayon du *reste d'éclair* supposé sphérique. Le volume va de celui d'un *pois* à celui d'une sphère d'environ 5m de diamètre; naturellement, les dimensions extrêmes sont très rares, les volumes les plus habituels correspondant à des diamètres de 1 à 3 décimètres.

Durée. — Elle va de la seconde à plusieurs minutes. On a vu avec certitude, en Irlande, un *reste d'éclair* de 50cm de diamètre *initial* qui a duré 20 *minutes*, ou 1200 secondes, l'*effet* durant ici un million de fois plus que la *cause* si le courant intense générateur a duré 1,2 millièmes de seconde.

Masse. — Le *reste d'éclair* sphérique apparaît comme un corps pesant s'il est la transformation d'un éclair descendant. Nous en avons donné, depuis 1924, d'assez nombreux exemples pour être dispensé d'y revenir. Rappelons qu'à la campagne, notamment dans les villages d'altitude élevée (600 à 1200m), dans les orages violents, après un très fort coup de tonnerre, on voit des *éclairs en boule* tomber du ciel par les cheminées qui sont, en temps d'orage, les seules portes toujours ouvertes.

En vertu du paragraphe 1 le *reste d'éclair* sphérique est donc un corps matériel.

4. On nous permettra d'illustrer cette démonstration un peu sèche par quelques exemples saisissants montrant que le *reste d'éclair* sphérique peut exister successivement dans deux milieux aussi différents que l'air et l'eau, et même exceptionnellement revenir dans le premier milieu pour y achever sa carrière.

a. « Un éclair en boule sauta dans la mer et aurait resplendi encore à six ou huit reprises dans l'eau » (WEBER, *Das Wetter*, 13, 1896, p. 167) (1). L'existence sous l'eau dn globe étincelant est un phénomène de caléfaction. Quant à la vision intermittente du globe dans l'eau de la mer, elle s'explique par le passage périodique des vagues et le phénomène de la réflexion totale, la source lumineuse étant ici placée dans le milieu le plus dense et l'observateur dans le milieu le moins dense.

b. « Dans la ville de Besançon, dans un orage, on vit manifestement tomber la foudre en forme de globe de feu... A la fin, le globe alla se précipiter dans la rivière du Doubs, dans laquelle en tombant *il fit soulever*

---

(1) Cité par C. DE JANS, *Coup d'œil rétrospectif sur les essais d'explication de la foudre globulaire*, Bruxelles, 1912, p. 44, Note 6.

l'eau à la hauteur de beaucoup de pieds, et PARCOURUT SOUS L'EAU UN ESPACE DE BEAUCOUP DE PERCHES et beaucoup de poissons vinrent à la surface étourdis » (*Giornale encyclopedico* de décembre 1772) ([1]).

c. « Le 21 avril 1901, à Lauxade, près de Bergerac, il tonnait fortement depuis plusieurs heures déjà, quand soudain une boule de feu *de la grosseur de l'ouverture d'un sac de blé* est tombée assez lentement au bord de la Gironde..., puis A TRAVERSÉ LE FLEUVE ENTRE DEUX EAUX, *provoquant une gerbe de plusieurs mètres sur son parcours*. La boule de feu s'est perdue presque aussitôt dans les sillons d'un champ de blé » ([2]).

5. Les *globes excavateurs*, dont la réalité est évidente, en se promenant à la surface du sol, agissent sur celui-ci par les gaz qu'ils dégagent continuellement en se refroidissant près de lui. Alors, l'énergie par centimètre cube du *reste d'éclair* se transforme en travail mécanique, *le volume de la foudre sphérique allant constamment en diminuant à mesure que le travail mécanique augmente*. Se désélectrisant au fur et à mesure de son contact médiat avec la terre, le globe s'éteint brusquement lorsque sa désélectrisation est totale. Voici deux exemples :

a. Le globe observé, en 1876, par M. Fitzgerald au mont Glendowan, dans le comté de Donegal de l'Ulster (Irlande), dura 20 minutes en accomplissant un travail mécanique énorme. « Le météore était au commencement une balle lumineuse *rouge d'environ un demi-mètre de diamètre; il alla rapidement en se rapetissant*, en sorte que, quand il disparut, il n'avait plus guère qu'un décimètre de diamètre » ([3]);

b. A Paris, le 28 août 1839, une foudre tomba au milieu de la cour de l'Office central de la Douane, encore en construction. « Cette foudre avait la forme d'*un gros globe de feu* ». Après avoir creusé une série de trous dans le sol formé de remblais nouveaux, elle s'élance dans une rue trempée de pluie, entre dans la cour de l'hôpital Saint-Louis et vole dans la cour. « A mesure que le temps s'écoulait, *on voyait sa masse s'amoindrir;* lorsqu'elle arriva au milieu de la cour de l'hôpital Saint-Louis, ce n'était plus qu'une lanière très mince, peu lumineuse, qui disparut tout à coup » ([4]).

Inutile de multiplier les exemples. Par définition, le *reste d'éclair* étant formé de *matière fulminante*, celle-ci partage la réalité de celui-là.

([1]) Cité par GALLI, *Mem. d. Pont. Acc. Rom. dei nuovi Lincei*, 29, 1911, § 14, p. 367.

([2]) C. FLAMMARION, *Les phénomènes de la foudre*, p. 104, Paris, 1905.

([3]) *Quarterly Journ. of the Meteor. Soc.*, 4, 1876, p. 160.

([4]) AMÉDÉE GUILLEMIN, *Le Monde physique*, Paris, 3, 1883, p. 492.

CORRESPONDANCE.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *La plus petite valeur parmi les plus grandes et la plus grande valeur parmi les plus petites.* Note de M. **E.-J. Gumbel**, présentée par M. Émile Borel.

Soit $w(x)$ *la distribution initiale* d'une variable statistique. La plus grande, la dernière valeur de x est elle-même pour N observations une variable statistique ayant une distribution $\mathfrak{w}_1$. La valeur $\tilde{u}_1$, pour laquelle $\mathfrak{w}_1$ est maximum, sera appelée *le mode*. De même, la valeur immédiatement inférieure à la plus grande, que l'on peut considérer comme la plus petite valeur parmi les deux plus grandes, est une variable statistique ayant une distribution $\mathfrak{w}_2$ et un mode $\tilde{u}_2$. Enfin la plus petite valeur parmi les m plus grandes a une distribution $\mathfrak{w}_m$ et un mode $\tilde{u}_m$.

Envisageons ces définitions du point de vue des premières valeurs de la distribution initiale que nous supposons illimitée dans les deux directions. Alors la plus petite valeur a la distribution $\mathfrak{w}_N$, la seconde a la distribution $\mathfrak{w}_{N-1}$, enfin la $m^{\text{ième}}$, c'est-à-dire la plus grande valeur parmi les m plus petites, aura la distribution $\mathfrak{w}_{N-m+1}$ et le mode $\tilde{u}_{N-m+1}$. On aura évidemment

$$\tilde{u}_{N-m+1} < \tilde{u}_{N-m} < \tilde{u}_m < \tilde{u}_{m-1}.$$

Il s'agit de calculer ces modes et leurs probabilités et de traiter leurs relations pour de grandes valeurs de N et des valeurs de m, telles que $N \gg m$.

La distribution de la plus petite valeur parmi les m plus grandes est [1]

$$\mathfrak{w}_m = \binom{N}{m} m W^{N-m}(1-W)^{m-1} w, \tag{1}$$

tandis que la distribution de la plus grande valeur parmi les m plus petites est

$$\mathfrak{w}_{N-m+1} = \binom{N}{m} m W^{m-1}(1-W)^{N-m} w, \tag{1'}$$

où W est la probabilité d'une valeur inférieure à x. Pour plus de simplicité nous laissons de côté la variable x, qui a des signes inverses dans (1) et (1′) si l'espérance mathématique de la distribution initiale est nulle. Ces deux

---

(1) *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1857.

distributions se coupent pour la valeur centrale $x = \zeta$ de la distribution initiale, pour laquelle $W(\zeta) = 1/2$. Pour des distributions initiales symétriques, telles que $w(-x) = w(x)$, $W(-x) = 1 - W(x)$, on aura

$$\tilde{u}_{N-m+1} = -\tilde{u}_m, \qquad \mathfrak{w}_{N-m+1} = \mathfrak{w}_m. \tag{2}$$

Dans ce cas les valeurs absolues des modes des $m^{\text{ièmes}}$ valeurs comptées dans un sens ou dans l'autre sont égales ainsi que leurs probabilités.

Dans le cas général le mode $\tilde{u}_m$ de la plus petite valeur parmi les m plus grandes et le mode $\tilde{u}_{N-m+1}$ de la $m^{\text{ième}}$ valeur seront calculés par

$$\left.\begin{aligned} W(\tilde{u}_m) &= 1 - \frac{m}{N} \quad (3)\\ W(\tilde{u}_{N-m+1}) &= \frac{m}{N} \quad (3') \end{aligned}\right\} \quad (m = 1, 2, \ldots),$$

pourvu qu'on ait vers la fin et vers le commencement de la distribution initiale

$$\frac{w'(x)}{w(x)} = -\frac{w(x)}{1 - W(x)}, \tag{4}$$

$$\frac{d\,w(-x)}{dx\,w(-x)} = \frac{w(-x)}{W(-x)}. \tag{4'}$$

Les densités de probabilité des modes deviennent, pour les valeurs élevées de N et des petites valeurs de m,

$$\mathfrak{w}_m(\tilde{u}_m) = N\,\psi(m)\,w(\tilde{u}_m), \tag{5}$$

$$\mathfrak{w}_{N-m+1}(\tilde{u}_{N-m+1}) = N\,\psi(m)\,w(\tilde{u}_{N-m+1}), \tag{5'}$$

où

$$\psi(m) = \frac{m^m e^{-m}}{m!} \tag{6}$$

est la probabilité de la valeur moyenne dans la loi bien connue des événements rares. Pour toutes les valeurs de m, on aura donc

$$\frac{\mathfrak{w}_m(\tilde{u}_m)}{\mathfrak{w}_{N-m+1}(\tilde{u}_{N-m+1})} = \frac{w(\tilde{u}_m)}{w(\tilde{u}_{N-m+1})}. \tag{7}$$

Le quotient de la densité de probabilité du mode de la plus petite valeur parmi les m plus grandes par la densité de probabilité du mode de la plus grande valeur parmi les m plus petites est donc égal au quotient des densités de probabilité de ces valeurs elles-mêmes dans la distribution initiale.

Outre ces relations entre les probabilités des modes, comparons pour

toutes les valeurs de la variable les densités de probabilité $\mathfrak{w}_{m+1}$ et $\mathfrak{w}_m$ d'un côté, $\mathfrak{w}_{N-m}$ et $\mathfrak{w}_{N-m+1}$ de l'autre. En appliquant (3) et (3′) aux équations (1), (1′), on a

$$\frac{\mathfrak{w}_{m+1}}{\mathfrak{w}_m} = \left(\frac{1}{W} - 1\right) : \left[\frac{1}{W(\tilde{u}_m)} - 1\right] \quad \text{et} \quad \frac{\mathfrak{w}_{N-m+1}}{\mathfrak{w}_{N-m}} = \left(\frac{1}{W} - 1\right) : \left[\frac{1}{W(\tilde{u}_{N-m+1})} - 1\right].$$

Mais W est une fonction toujours croissante de x, donc pour $x \lesseqgtr \tilde{u}_m$, on a

$$(8) \qquad \mathfrak{w}_{m+1} \gtreqless \mathfrak{w}_m$$

et, pour $x \lesseqgtr \tilde{u}_{N-m+1}$, on a

$$(8') \qquad \mathfrak{w}_{N-m} \lesseqgtr \mathfrak{w}_{N-m+1}.$$

Pour les valeurs a) antérieures, b) postérieures du mode, la densité de probabilité qu'une valeur x soit, pour N observations, la plus petite parmi les m plus grandes est a) moindre, b) plus grande que la densité de probabilité pour qu'elle soit la plus petite parmi les $(m+1)$ plus grandes. Pour les valeurs a) antérieures, b) postérieures du mode de la $m^{\text{ième}}$ valeur, la densité de probabilité que la valeur x soit la $m^{\text{ième}}$ pour N observations est a) plus grande, b) moindre que la densité de probabilité que cette valeur soit la $(m+1)^{\text{ième}}$. La signification des égalités (8) et (8′) est bien simple. La distribution $\mathfrak{w}_{m+1}$ coupe la distribution postérieure $\mathfrak{w}_m$ au mode de la dernière. La distribution $\mathfrak{w}_{N-m}$ de la $(m+1)^{\text{ième}}$ valeur coupe la distribution antérieure de la $m^{\text{ième}}$ valeur au mode de la dernière. Spécialement : la densité de probabilité du mode de la dernière (la plus grande) valeur est égale à la densite de probabilité que cette valeur soit aussi la seconde des plus grandes valeurs. Et la densité de probabilité du mode de la première (la plus petite) valeur est égale à la densité de probabilité que cette valeur soit aussi la seconde.

GÉOMÉTRIE. — *Sur les transformations continues des sphères euclidiennes.* Note [1] de MM. **J. Schreier** et **S. Ulam**, présentée par M. Élie Cartan.

Dans cette Note nous montrons l'existence d'une base finie de transformations continues des sphères euclidiennes, telle que leurs compositions

---

[1] Séance du 16 octobre 1933.

permettent d'obtenir toute transformation donnée d'avance avec une erreur arbitrairement petite. Pour des transformations biunivoques, la base peut être choisie aussi de telles transformations.

THÉORÈME I. — *Soit* K_n *la sphère euclidienne (l'intérieur y compris) à* n *dimensions. Il existe* quatre [1] *transformations continues de* K_n *en un sous-ensemble de* K_n : $\eta(p)$, $\varphi(p)$, $\chi(p)$, $\psi(p)$, *dont* η *est biunivoque et transforme* K_n *sur* K_n *tout entier, telles que* chaque *transformation continue* f *soit limite d'une suite uniformément convergente de fonctions de la forme*

$$\varphi^k \eta^l \chi \eta^{-l} \psi^k(p) \quad [2].$$

THÉORÈME II. — *Il existe trois* [1] *homéomorphies de* K_n *(c'est-à-dire transformations bicontinues de* K_n *sur* K_n *tout entier), telles que* II *désignant le groupe engendré par leur composition (et inversion),* chaque *homéomorphie de* K_n *est, dans chaque sphère concentrique à* K_n, *limite d'une suite uniformément convergente de transformations appartenant à* II.

Remarques. — Pour $n \leqq 3$ [3], on peut trouver un nombre fini de transformations pour la base, telles que la convergence devienne uniforme dans K_n tout entier. Il en est encore de même si l'on remplace dans notre théorème la sphère K_n par une circonférence de cercle ou par la surface de K_n [4], et aussi si l'on ne considère que des transformations de K_n (avec $n > 3$) qui laissent invariants les points de la surface de K_n. Si l'on définit comme distance de deux transformations f et g le nombre

$$\text{Max}\,|f - g| + \text{Max}\,|f^{-1} - g^{-1}| \quad [5],$$

l'ensemble G de toutes les homéomorphies devient un groupe métrique complet. Dans le cas $n \leqq 3$, il existe donc un sous-groupe π partout dense dans G et engendré par trois éléments.

Les démonstrations paraîtront dans un autre Recueil.

---

(1) On ne sait pas s'il n'existe pas un moindre nombre de fonctions jouissant d'une propriété analogue.

(2) φ^k désigne la $k^{\text{ième}}$ itérée de la transformation φ, φ^{-k} la $k^{\text{ième}}$ itérée de la transformation inverse de φ.

(3) La question si cette hypothèse est nécessaire reste ouverte.

(4) Il serait intéressant d'étudier ce problème pour d'autres variétés topologiques.

(5) V. S. BANACH, *Théorie des opérations linéaires.* Varsovie, 1932, p. 229.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Intégration par quadratures de l'équation parabolique générale, à coefficients constants sur les caractéristiques.* Note [1] de M. **Luigi Fantappiè.**

Dans un Mémoire récent [2] et dans deux autres Notes [3] j'ai résolu par quadratures le problème de Cauchy pour presque toutes les équations et systèmes aux dérivées partielles, linéaires et à coefficients constants, en deux variables indépendantes.

Je veux montrer maintenant comme on peut résoudre par quadratures (avec les mêmes méthodes) l'équation parabolique du deuxième ordre

$$(1) \qquad \frac{\partial^2 z}{\partial x^2} + a(y)\frac{\partial z}{\partial x} + b(y)\frac{\partial z}{\partial y} + c(y)z = f(x, y)$$

(dont les coefficients sont des fonctions de y, et par conséquent constants sur les droites caractéristiques $y = \text{const.}$) avec les conditions initiales de Cauchy

$$(2) \qquad z(x_0, y) = \varphi_0(y), \qquad \left(\frac{\partial z}{\partial x}\right)_{x=x_0} = \varphi_1(y),$$

On supposera toutes les fonctions connues a, b, c, φ_0, φ_1, f analytiques et régulières dans un voisinage de $x = x_0$, $y = y_0$, et $b(y_0) \neq 0$.

En appliquant aux deux membres de l'équation (1) l'opérateur intégral

$$(3) \qquad \mathcal{J} f(x, y) = \int_{x_0}^{x} f(t, y)\, dt$$

(qui est permutable avec toute fonction de y et avec l'opérateur différentiel $\partial/\partial y$), on obtient, en effet, pour (2), l'équation intégro-différentielle

$$(4) \qquad \frac{\partial x}{\partial z} + b(y)\mathcal{J}\frac{\partial z}{\partial y} + a(y)z + c(y)\mathcal{J}z = \mathcal{J}f + a(y)\varphi_0(y_0) + \varphi_1(y).$$

Considérons maintenant l'équation différentielle du premier ordre

$$(5) \qquad \frac{\partial \bar{z}}{\partial x} + \lambda\, b(y)\frac{\partial \bar{z}}{\partial y} + [a(y) + \lambda\, c(y)]\bar{z} = \lambda f + a\varphi_0 + \varphi_1$$

[qu'on obtient formellement de (4), en substituant un paramètre λ à l'opé-

---

(1) Séance du 9 octobre 1933.

(2) *Rend. Circolo mat. di Palermo*, 57, 1933, p. 137.

(3) *Rend. Acc. Lincei*, 6e série, **17**, 1er sem. 1933, p. 897; **18**, 2e sem. 1933, p. 266.

rateur $\mathcal{J}$], avec la condition initiale

$$\bar{z}(x_0, y; \lambda) = \varphi_0(y). \tag{6}$$

La fonction $\bar{z}(x,y;\lambda)$, qui satisfait à (5) et (6), peut s'obtenir par les méthodes classiques, *au moyen de trois quadratures*, avec la formule

$$\left\{ \begin{aligned} \bar{z}(x, y; \lambda) = {} & e^{-\int_{x_0}^{x}[a(\bar{y})+\lambda c(\bar{y})]dt} \varphi_0 \{ \psi_1[\lambda(x_0 - x) + \psi(y)] \} \\ & + \int_{x_0}^{x} e^{\int_{x}^{t}[a(\bar{y})+\lambda c(\bar{y})]dt} [\lambda f(t, \bar{y}) + a(\bar{y})\varphi_0(\bar{y}) + \varphi_1(\bar{y})] \, dt, \end{aligned} \right. \tag{7}$$

où

$$\bar{y} = \psi_1[\lambda(t - x) + \psi(y)], \qquad \psi(y) = \int_{y_0}^{y} \frac{dy}{b(y)}, \tag{8}$$

et $\psi_1(x)$ est la fonction inverse de $\psi(y)$.

Cette fonction $\bar{z}(x, y; \lambda)$ est une fonction analytique et régulière dans le voisinage de $x = x_0$, $y = y_0$, $\lambda = 0$; elle pourra donc se développer en série de puissances de λ. Si l'on substitue maintenant, dans cette série, les puissances $\mathcal{J}^n$ de l'opérateur $\mathcal{J}$ aux puissances λ^n du paramètre λ, on obtient une série convergente qui représente une fonction

$$z(x, y) = \bar{z}(x, y; \lambda)_{\lambda = \mathcal{J}},$$

laquelle peut aussi se calculer directement de $\bar{z}$, *par deux quadratures*, avec la formule [voir première Note citée en ([3]), p. 969].

$$z(x, y) = \bar{z}(x, y; 0) + \frac{1}{2\pi i} \int_{C_0} \frac{d\lambda}{\lambda^2} \int_{x_0}^{x} e^{\frac{x-\tau}{\lambda}} \bar{z}(\tau, y; \lambda) \, d\tau,$$

c'est-à-dire

$$z(x, y) = \varphi_0(y) + \varphi_1(y) \frac{1 - e^{a(y)(x_0 - x)}}{a(y)} + \frac{1}{2\pi i} \int_{C_0} \frac{d\lambda}{\lambda^2} \int_{x_0}^{x} e^{\frac{x-\tau}{\lambda}} \bar{z}(\tau, y; \lambda) \, d\tau, \tag{9}$$

où C_0 est une petite courbe fermée, qui renferme le seul point singulier $\lambda = 0$ de la fonction à intégrer.

On vérifie aisément, par les mêmes calculs de la deuxième Note citée en ([3]), p. 969, que cette fonction $z(x, y)$, analytique et régulière dans le voisinage de $x = x_0$, $y = y_0$, est solution de (4), et donc aussi de (1), et satisfait aux conditions initiales (2), c'est-à-dire est la solution de (1) cherchée. Comme $\bar{z}(x, y; \lambda)$ s'obtient des fonctions connues par *trois* quadratures, au moyen de (7), (8), et $z(x, y)$ de $\bar{z}$ par *deux* autres quadratures, avec (9), ils sont donc nécessaires en tout *cinq quadratures* pour la résolution explicite de (1), avec les conditions (2).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les caractéristiques des équations aux dérivées partielles du premier ordre.* Note de M. **J. Le Roux.**

Un théorème célèbre de Jacobi ramène l'intégration des équations de Lagrange à celle d'une équation aux dérivées partielles du premier ordre.

Inversement, à toute équation aux dérivées partielles du premier ordre on peut faire correspondre une généralisation des équations de Lagrange.

Nous supposerons que l'équation ne contienne pas explicitement la fonction inconnue z et qu'on l'ait mise sous la forme

$$\text{(1)} \qquad F(x_1, x_2, \ldots, x_n; p_1, p_2, \ldots, p_n) = 0,$$

$$p_i = \frac{\partial z}{\partial x_i}.$$

Les caractéristiques sont définies par les équations différentielles

$$\text{(2)} \qquad \frac{dx_i}{\dfrac{\partial F}{\partial p_i}} = \frac{-dp_k}{\dfrac{\partial F}{\partial x_k}}.$$

Je désigne par du la valeur commune des rapports (2) et je pose

$$\frac{dx_i}{du} = x'_i.$$

On a ainsi

$$\text{(3)} \qquad x'_i = \frac{\partial F}{\partial p_i},$$

$$\text{(4)} \qquad \frac{dp_k}{du} = -\frac{\partial F}{\partial x_k}.$$

Je suppose le déterminant hessien, $|\partial^2 F/\partial p_i \partial p_k|$, différent de zéro. Les équations (3) permettent alors de déterminer les p en fonction des variables x et x'.

Formons dans ces conditions la fonction

$$\text{(5)} \qquad G(x, x') = \Sigma p_i x'_i - F(x, p).$$

On a

$$\text{(6)} \qquad \sum \left(\frac{\partial G}{\partial x_i}\delta x_i + \frac{\partial G}{\partial x'_i}\delta x'_i\right) = \sum \left(p_i\,\delta x'_i + x'_i\,\delta p_i - \frac{\partial F}{\partial x_i}\delta x_i - \frac{\partial F}{\partial p_i}\delta p_i\right).$$

Les variations δp_i disparaissent au second membre en vertu des équa-

tions (3) et, comme les $2n$ variations δx_i et $\delta x'_i$ sont arbitraires, on déduit de l'équation (6)

$$p_i = \frac{\partial G}{\partial x'_i}, \qquad \frac{\partial G}{\partial x_i} = -\frac{\partial F}{\partial x_i}. \tag{7}$$

Les équations (4) prennent donc la forme de Lagrange

$$\frac{d}{du}\left(\frac{\partial G}{\partial x'_i}\right) - \frac{\partial G}{\partial x_i} = 0. \tag{8}$$

Les équations différentielles (8) ne contiennent plus les dérivées partielles p_i. Elles dépendent seulement des variables x_i et de leurs dérivées premières et secondes par rapport à la variable auxiliaire u.

Le problème est particulièrement simple lorsque la fonction F est entière et du second degré par rapport aux dérivées partielles p_i. Si elle est entière, d'un degré supérieur au second, la fonction G n'est plus, en général, un polynome en x'. Mais alors l'élimination des p'_i entre les équations (3) et (5) donne une relation de la forme suivante, entière par rapport aux x' et à G :

$$\varphi(x, x', G) = 0. \tag{9}$$

Nous en tirons

$$\frac{\partial \varphi}{\partial x_i} + \frac{\partial \varphi}{\partial G}\frac{\partial G}{\partial x_i} = 0, \tag{10}$$

$$\frac{\partial \varphi}{\partial x'_i} + \frac{\partial \varphi}{\partial G}\frac{\partial G}{\partial x'_i} = 0; \tag{11}$$

et ensuite

$$\frac{d}{du}\left(\frac{\partial \varphi}{\partial x'_i}\right) + \frac{\partial \varphi}{\partial G}\frac{d}{du}\left(\frac{\partial G}{\partial x'_i}\right) + \frac{\partial G}{\partial x'_i}\frac{d}{du}\left(\frac{\partial \varphi}{\partial G}\right) = 0. \tag{12}$$

On en déduit, en tenant compte des équations (8),

$$\frac{d}{du}\left(\frac{\partial \varphi}{\partial x'_i}\right) - \frac{\partial \varphi}{\partial x_i} + \frac{\partial G}{\partial x'_i}\frac{d}{du}\left(\frac{\partial \varphi}{\partial G}\right) = 0. \tag{13}$$

L'élimination de la dérivée partielle $\partial G/\partial x'_i$ entre les équations (11) et (13) donne alors

$$\frac{\dfrac{d}{du}\left(\dfrac{\partial \varphi}{\partial x'_i}\right) - \dfrac{\partial \varphi}{\partial x_i}}{\dfrac{\partial \varphi}{\partial x'_i}} = \frac{\dfrac{d}{du}\left(\dfrac{\partial \varphi}{\partial G}\right)}{\dfrac{\partial \varphi}{\partial G}}. \tag{14}$$

Le second membre de l'équation (14) étant indépendant de l'indice i, on

a, quels que soient les indices i et k,

$$\frac{\frac{d}{du}\left(\frac{\partial\varphi}{\partial x'_i}\right)-\frac{\partial\varphi}{\partial x_i}}{\frac{\partial\varphi}{\partial x'_i}}=\frac{\frac{d}{du}\left(\frac{\partial\varphi}{\partial x'_k}\right)-\frac{\partial\varphi}{\partial x_k}}{\frac{\partial\varphi}{\partial x'_k}}. \tag{15}$$

Ces diverses transformations mettent en évidence des propriétés qui peuvent avoir une certaine importance en analyse pure et en physique mathématique. Elles ramènent notamment à la forme de Lagrange les équations différentielles définissant les *rayons de propagation* ou les *bicaractéristiques* de M. Hadamard.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'application de la méthode de Borel aux séries qui ont des termes nuls.* Note [1] de M. **J. Rey Pastor**, présentée par M. Émile Borel.

La méthode de sommation de M. Édouard Le Roy utilise un paramètre réel p, lequel est supposé entier par M. Juan-Carlos Vignaux [2], et alors toutes les conclusions peuvent être obtenues plus simplement. En effet, la somme (L, p) de Σu_n est la somme (B) de

$$\Sigma u'_n = u_0 + 0 + 0 + \ldots + u_1 + 0 + 0 + \ldots + u_2 + 0 + \ldots.$$

La somme $|L, p|$ de Σu_n est la somme $|B|$ de $\Sigma u'_n$. La somme $|L_t, p|$ de Σu_n est la somme $|B_t|$ de $\Sigma u'_n$, d'après Sannia, etc.

Étant données deux séries (soit, par exemple, $p=2$) :

$$\Sigma u'_n = u_0 + 0 + 0 + u_1 + 0 + 0 + u_2 + 0 + 0 + u_3 + \ldots,$$
$$\Sigma v'_n = v_0 + 0 + 0 + v_1 + 0 + 0 + v_2 + 0 + 0 + v_3 + \ldots,$$

la série produit, d'après Cauchy, est

$$\Sigma w'_n = u_0 v_0 + 0 + 0 + (u_1 v_0 + u_0 v_1) + 0 + 0 + (u_2 v_0 + u_1 v_1 + u_1 v_2) + 0 + 0 + \ldots.$$

Dire que les séries Σu_n, Σv_n, sont sommables $|L_t, p|$ est la même chose que supposer la somme $|B_t|$ des séries $\Sigma u'_n$, $\Sigma v'_n$. Il n'est, donc pas étonnant que la série Σw_n soit sommable $|L_t, p|$ avec la somme uv, parce que la série $\Sigma w'_n$ est sommable $|B_t|$; et l'on peut en dire autant des théorèmes de

---

([1]) Séance du 23 octobre 1933.

([2]) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1076.

Hardy, et, en général, de tous les nombreux théorèmes connus sur la méthode de sommation de Borel.

En résumé, les résultats de la Communication de M. Vignaux peuvent être obtenus par la simple remarque suivante :

Les théorèmes que MM. Borel, Hardy, Sannia, etc. ont démontré pour toutes les séries sont valides, en particulier, pour les séries qui ont des termes nuls.

De plus, M. Vignaux n'utilise pas complètement tous les théorèmes connus. Par exemple, si les séries Σu_n, Σv_n sont sommables (B) et $|nu_n| < K$, $|nv_n| < K$, il est connu, d'après Hardy, que les deux séries et la série produit sont convergentes. Néanmoins, dans le théorème IV, l'auteur, en exigeant la condition beaucoup plus restreinte

$$u_n = o\left(\frac{1}{n}\right), \qquad v_n = o\left(\frac{1}{n}\right),$$

affirme seulement la sommabilité de la série produit, et pas la convergence.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les fonctions rationnelles osculatrices à une fonction analytique*. Note de M. **G. Tzitzéica**, présentée par M. Élie Cartan.

1. Étant données deux fonctions analytiques, régulières au voisinage de $z = 0$,

$$f(z) = a_0 + a_1 z + a_2 z^2 + \ldots,$$
$$g(z) = b_0 + b_1 z + b_2 z^2 + \ldots,$$

si l'on a

$$a_0 = b_0, \quad a_1 = b_1, \quad \ldots, \quad a_n = b_n, \quad a_{n+1} \neq b_{n+1},$$

on pourra dire que $f(z)$ et $g(z)$ ont en $z = 0$ un contact d'ordre n. On peut définir de la même manière le contact en un point régulier quelconque x.

Supposons maintenant que

$$g(z) = R(z; k_0, k_1, \ldots, k_n)$$

soit une fonction rationnelle dépendant de $n+1$ paramètres, qu'il soit possible de déterminer de manière que $R(z)$ ait un contact d'ordre n avec $f(z)$ en un point x, nous dirons alors que $R(z)$ est osculatrice à $f(z)$ en $z = x$.

L'étude des fonctions rationnelles osculatrices à une fonction analytique est, en grande partie, déjà faite par Frobenius, Padé et, au point de vue de la géométrie différentielle, par Wilczynski. Je me propose de compléter surtout les recherches de ce dernier géomètre.

2. Je considère tout d'abord des fonctions rationnelles de la forme

$$(1)\qquad R(z) = m_0 + \frac{m_1}{1-\frac{z}{\alpha}} + \frac{m_2}{\left(1-\frac{z}{\alpha}\right)^2} + \ldots + \frac{m_n}{\left(1-\frac{z}{\alpha}\right)^n}, \qquad \alpha \neq 0,$$

dépendant de $n+2$ paramètres.

On peut énoncer les résultats suivants :

a. Pour que $R(z)$ soit osculatrice à $f(z)$ en $z=0$, il faut que α soit une racine de l'équation

$$P_n(\alpha) = a_{n+1}\alpha^n - C_n^1 a_n \alpha^{n-1} + C_n^2 a_{n-1}\alpha^{n-2} + \ldots + (-1)^{n-1} a_1 = 0;$$

alors les m_i sont donnés par des équations linéaires. Il y a donc, pour n donné, n fonctions $R(z)$ de la forme (1) osculatrices à $f(z)$ en un point.

b. Si $n=2p$, les $2p$, les $2p$ pôles α correspondants forment avec les $2p-1$ pôles correspondant à $n=2p-1$, auxquels on ajoute le point de contact, deux systèmes apolaires. Si $n=2p+1$, alors les $2p+1$ pôles correspondants et les $2p-1$ pôles qui correspondent à $n=2p-1$, auxquels on ajoute le point de contact compté doublement, forment aussi deux systèmes apolaires.

c. Si α est racine multiple d'ordre r de $P_n(\alpha)=0$, on a

$$m_n = m_{n-1} = \ldots = m_{n-r+2} = 0.$$

d. Si $a_{n+1}=0$, une des $R(z)$ osculatrices se réduit à un polynome.

3. Le pôle α d'une fonction $R(z)$ osculatrice joue le rôle d'une sorte de centre de courbure de $f(z)$ relatif au point de contact. On a en effet les propriétés suivantes :

a. Si le pôle α d'une fonction rationnelle $R(z)$ osculatrice à $f(z)$ reste fixe lorsque le point de contact varie, on a $f(z) \equiv R(z)$.

b. Si l'on peut passer du point de contact au pôle α de $R(z)$ par une translation, toujours la même quel que soit le point de contact, alors $f(z)$ est une somme de certaines exponentielles.

4. Considérons une fonction rationnelle quelconque

$$S(z) = \frac{p_0 + p_1 z + p_2 z^2 + \ldots + p_n z^n}{q_0 + q_1 z + q_2 z^2 + \ldots + q_n z^n}$$

osculatrice (avec un contact d'ordre $2n$) à $f(z)$ en $z=0$. On peut démontrer que les pôles de $S(z)$ forment des systèmes apolaires avec les racines de chacune des équations

$$P_n(\alpha)=0, \quad P'_{n+1}(\alpha)=0, \quad P'_{n+2}(\alpha)=0, \quad \ldots, \quad P_{2n-1}^{(n-1)}(\alpha)=0,$$

où les indices supérieurs désignent des dérivées.

5. Si l'on suppose que, pour la fonction $S(z)$, le polynome

$$q_0+q_1 z+\ldots+q_n z^n$$

soit donné, alors $S(z)$ ne dépend que de $n+1$ constantes. Dans ce cas, la fonction osculatrice peut être mise sous la forme remarquable

$$S(z)=\frac{q_0 S_n(z)+q_1 S_{n-1}(z)+q_2 S_{n-2}(z)+\ldots+q_n z^n S_0}{q_0+q_1 z+q_2 z^2+\ldots+q_n z^n},$$

où S_0, S_1, S_2, ..., S_n sont les sections successives faites dans la série $f(z)$.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Propagation d'une onde plane associée au mouvement d'un corpuscule.* Note de M. **Pierre Copel**, présentée par M. L. de Broglie.

La solution de l'équation aux dérivées partielles

$$(1) \qquad k\sum\frac{\partial^2 S}{\partial q_i^2}+\sum\left(\frac{\partial S}{\partial q_i}\right)^2+\sum\alpha_i q_i^2+\sum\beta_i q_i+\gamma-2m\frac{\partial S}{\partial t}=0,$$

où k, m et α_i sont des constantes, β_i et γ des fonctions connues de t, qui se réduit pour $t=0$ à $\Sigma A_i q_i^2+\Sigma B_i q_i+C$, est de la forme

$$(2) \qquad S=\Sigma a_i q_i^2+\Sigma b_i q_i+c,$$

où a_i, b_i et c sont des fonctions de t.

En effet, en remplaçant S par son expression (2) dans l'équation (1) et en égalant à 0 le coefficient de q_i^2, on détermine $a_i(t)$ par une équation différentielle du premier ordre à variables séparées, la constante d'intégration étant donnée par $a_i(0)=A_i$. Puis, en égalant à 0 le coefficient de q_i, on détermine b_i par une équation linéaire du premier ordre. Enfin, en égalant à 0 le terme indépendant, on obtient c par une quadrature.

Application de la mécanique ondulatoire. — L'équation de Schrödinger classique pour un point matériel isolé, en coordonnées rectangulaires,

devient, lorsqu'on remplace la fonction Ψ par la fonction $S = h/2\pi i . \mathrm{Log}\Psi$,

$$\frac{h}{2\pi i}\sum \frac{\partial^2 S}{\partial q_i^2} + \sum\left(\frac{\partial S}{\partial q_i}\right)^2 + 2m\left(V - \frac{\partial S}{\partial t}\right) = 0,$$

qui est de la forme (1) si le corpuscule en mouvement est soumis à un champ uniforme qui peut être fonction du temps, et à des attractions et répulsions proportionnelles à la distance émanant de centres fixes ou mobiles. Les α_i sont en outre égaux entre eux.

Si l'on étudie la propagation d'une onde plane, lorsque l'incertitude sur la position initiale du corpuscule est donnée par la loi de Gauss, la valeur initiale de S est donnée par

$$\frac{2\pi i}{h} S_0 = -\frac{(x-x_0)^2 + (y-y_0)^2 + (z-z_0)^2}{2\sigma_0^2}$$
$$- \frac{2\pi i m}{h}(v_x^0 x + v_y^0 y + v_z^0 z) - \frac{3}{2}\mathrm{Log}(2\pi\sigma_0^2).$$

Elle est de la forme $\Sigma A_i q_i^2 + \Sigma B_i q_i + C$, et par suite S est de la forme (2), ce qui résout le problème. Dans l'expression de S, à un instant quelconque, les α_i sont purement imaginaires et égaux entre eux. Par suite, à tout instant, l'onde sera plane.

La probabilité de présence du corpuscule en un point est

$$|\Psi|^2 = e^{\frac{4\pi i}{h}\text{ partie imag. de S}}.$$

Comme les coefficients a_i sont égaux, *à un instant quelconque, l'incertitude sur la position du corpuscule obéit à la loi de Gauss.* Ainsi, la position et la forme du nuage de probabilité à un instant quelconque seront déterminés par la position de son centre de gravité, qui, d'après le théorème d'Ehrenfest, est donné par la mécanique ancienne, et par le coefficient σ qui caractérise l'étalement du nuage et qui se déduit lui-même de a.

Application I : Champ uniforme et constant (Darwin). — Le centre de gravité a un mouvement parabolique et, comme les α_i sont nuls, l'équation qui donne a est $2a^2 = ma'$. On en tire

(3) $$\frac{1}{\sigma^2} = -\frac{4\pi i}{h}\text{ partie imag. de } a = \frac{1}{\sigma_0^2}\left(1 + \frac{h^2 t^2}{4\pi^2 m^2 \sigma_0^4}\right)^{-1},$$

σ augmente avec le temps. Donc le nuage de probabilité s'étale.

Application II : Rotateur plan. — Le problème est analogue au précédent, mais il y a une seule variable $q = R\theta$ au lieu de trois. Le centre de gravité

du nuage linéaire tourne d'un mouvement uniforme et σ est encore donné par la formule (3). Le nuage s'étale avec le temps.

Application III : Oscillateur spatial. — Le centre de gravité décrit, avec une vitesse aréolaire constante, une ellipse dont le centre coïncide avec le centre d'attraction. Les α_i sont égaux et non nuls, et l'équation qui détermine a conduit à

$$\frac{\sigma^2}{\sigma_0^2} = \cos^2\frac{\sqrt{\alpha}\,t}{m} + \frac{h^2}{4\pi^2\alpha\sigma_0^4}\sin^2\frac{\sqrt{\alpha}\,t}{m}. \tag{4}$$

L'étalement est une fonction périodique du temps, dont la période est égale à la moitié de la période du mouvement du centre de gravité. Il est d'allleurs évident, d'après la mécanique ancienne, que l'incertitude sur la vitesse initiale n'entraîne aucune incertitude nouvelle sur la position du corpuscule après une demi-période.

Ces résultats sont valables même s'il y a plusieurs centres attractifs et répulsifs, et si un champ constant se superpose à ces actions, pourvu que les α_i soient positifs.

Application IV : Oscillateur harmonique. — Ce cas ne diffère du précédent que par la présence d'une variable au lieu de trois. Le centre de gravité a un mouvement oscillatoire. La formule (4) s'applique encore : l'étalement du nuage a pour période la demi-période d'oscillation.

Champ dépendant du temps. — Comme l'équation qui détermine a ne dépend ni des β_i, ni de γ, la formule (3) de l'application I est encore valable si le champ uniforme dépend du temps, la formule (4) de l'application III est valable si les centres attractifs et répulsifs se déplacent. Dans ce dernier cas, l'étalement du train d'onde est périodique même si le mouvement du centre de gravité ne l'est pas.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *L'observation et la photographie des météores du 9 octobre* 1933. Note [1] de Mme **G. Camille Flammarion** et M. **F. Quénisset**, présentée par M. de La Baume Pluvinel.

La pluie abondante de météores du 9 octobre 1933 a débuté dès le commencement de la nuit. Vers 19^h15^m un véritable bolide, dont le diamètre apparent semblait égal au quart du diamètre apparent de la Lune a passé du Nord au Sud entre les constellations de Pégase et du Verseau,

(1) Séance du 23 octobre 1933.

en laissant derrière lui une splendide traînée qui *a persisté* [1], sur plusieurs degrés d'étendue, pendant au moins *vingt minutes*, puisqu'à 19^h35^m nous l'apercevions encore entre les étoiles θ Pegasi et α Aquarii.

Le maximum d'intensité de la chute paraît se fixer vers 20 heures. Les météores sillonnaient le ciel entier, dans toutes les directions, avec des trajectoires dont le radiant prédominant était situé dans la tête du Dragon. Quelques-uns étaient très brillants et laissaient de belles traînées, d'autres ne montraient qu'un noyau lumineux minuscule avec des fluctuations d'intensité, certains brillaient sur place, mais tous, en général, avaient un mouvement plutôt lent avec des trajectoires assez courtes et la couleur qui dominait était le jaune.

La fréquence commença nettement à diminuer à partir de 20^h30^m en subissant, par moments, des fluctuations sensibles. A 21^h le nombre des météores se restreignit encore. D'autre part, le ciel se couvrit de plus en plus au point qu'on ne voyait plus que faiblement les étoiles de première magnitude; et la Lune, depuis 21^h surtout, contraria considérablement les observations.

Cependant, à l'Observatoire de Juvisy, une plaque photographique fut exposée avec l'objectif Astro-Tessar Zeiss $f/4,8$ ($f = 0^m,600$) placé sur l'équatorial de $0^m,240$, *de* 20^h3^m à 20^h55^m, malgré une atmosphère très nuageuse recouverte surtout d'un voile de cirrus et cirro-stratus. Le champ embrassé s'étend sur 15° en ascension droite et 11° en déclinaison. Véga, de la Lyre, était pointée au centre de la plaque. Le nombre de traînées enregistrées s'élève à *vingt-sept* [2]. Elles sont toutes assez courtes : les plus longues ne dépassent pas 2 degrés et la plus courte atteint à peine 15 minutes d'arc. La plupart montrent des fluctuations d'éclat sensibles. Elles révèlent plusieurs radiants dans la tête du Dragon, entre les étoiles γ et ξ.

---

(1) Nous ferons remarquer que Denning avait constaté, à propos de la précédente chute du 9 octobre 1926 (*Monthly Notices*, **87**, 1926, n° 1, p. 104) que « le fait particulier de ces *Draconides*, et qui peut servir à les identifier, repose sur les traînées denses et durables laissées par les météores les plus brillants sur leur parcours ».

(2) Elles ne représentent, évidemment, que les plus brillantes qui ont passé dans le champ couvert par l'objectif.

PHYSIQUE GÉNÉRALE. — *Sur la nature des ondes et des corpuscules.* Note de M. **Émile Sevin**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Nous avons exposé que l'équation $\lambda = h\sqrt{1-\beta^2}/m_0 v$ comportait une signification physique, très large d'ailleurs. Dans un rayonnement électromagnétique, de longueur d'onde λ, la quantité de mouvement individuelle d'électrons libres est susceptible d'atteindre l'une des valeurs données par la relation $\lambda = nh\sqrt{1-\beta^2}/m_0 v$ et, inversement, un flot d'électrons, de vitesse $\vec{v}$, peut provoquer la naissance d'un rayonnement électromagnétique de longueur d'onde $\lambda = h\sqrt{1-\beta^2}/nm_0 v$. Dans les deux cas, la direction de la propagation du rayonnement et celle de la quantité de mouvement des électrons coïncident, et n est un nombre entier quelconque, ordinairement égal à un [1].

Désignons par ν la fréquence du rayonnement, par E et U l'énergie totale et l'énergie potentielle d'un électron et calculons l'énergie cinétique $E - U$ de celui-ci en posant $n = 1$. Sa quantité de mouvement vaut

$$(1) \qquad \frac{m_0 v}{\sqrt{1-\beta^2}} = \frac{h}{\lambda} = \frac{h\nu}{c},$$

d'où, en représentant suivant l'usage par α le rapport $h\nu/m_0 c^2$,

$$1-\beta^2 = \frac{(m_0 c^2)^2}{(m_0 c^2)^2 + (h\nu)^2} = \frac{1}{1+\alpha^2}.$$

Dès lors,

$$(2) \qquad E - U = m_0 c^2\left(\frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}} - 1\right) = m_0 c^2\left(\sqrt{1+\alpha^2} - 1\right).$$

Interprétation physique de l'équation de M. Schrödinger. — Le fait de pouvoir accorder une existence réelle à l'onde en cause permet de donner un sens physique à l'équation de M. Schrödinger. Si nous désignons par $\vec{u}$ la vibration non polarisée de cette onde, on peut écrire :

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = c^2 \Delta u \qquad \text{et} \qquad \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} + 4\pi^2\nu^2 u = 0,$$

d'où, en éliminant $\partial^2 u/\partial t^2$ entre ces deux relations,

$$(3) \qquad \Delta u + \frac{4\pi^2\nu^2}{c^2} u = 0.$$

---

[1] *Comptes rendus*, **188**, 1929, p. 986.

L'équation (2) se met immédiatement sous la forme

$$\alpha^2 = \frac{(h\nu)^2}{(m_0 c^2)^2} = 2\frac{E-U}{m_0 c^2} + \frac{(E-U)^2}{(m_0 c^2)^2},$$

et, en portant la valeur correspondante de ν^2 dans (3), il vient

$$\Delta u + \frac{4\pi^2}{c^2 h^2}[2(E-U)m_0 c^2 + (E-U)^2]\,u = 0.$$

C'est l'équation de M. Schrödinger en sa forme complète, étant bien entendu que U représente ici l'énergie potentielle $m_0 c^2$ de l'électron.

Processus ondulatoire du phénomène de Compton. — Lorsqu'un rayonnement électromagnétique rencontre un électron libre, d'après ce que nous avons rappelé ci-dessus, il tend à s'amorcer un déplacement de cette particule, c'est-à-dire un courant, dans la direction de la propagation du rayonnement, et l'expression (1) montre que le départ de l'électron ne peut s'effectuer que si le rayonnement est en mesure de céder une quantité de mouvement $h\nu/c$. C'est possible puisque, ainsi que nous l'avons montré récemment [1], la direction de la propagation d'un rayonnement électromagnétique est caractérisée par un courant électrique ou, si l'on préfère, par une quantité de mouvement; d'ailleurs celle-ci vaut $\Delta\varepsilon/c$, $\Delta\varepsilon$ étant la densité de l'énergie du rayonnement, et il en résulte que celui-ci cède, simultanément, une quantité de mouvement $h\nu/c$ et une quantité d'énergie $h\nu$.

Pour que le courant électrique qui s'amorce soit stable, il faut que l'énergie cinétique E — U de l'électron absorbe l'énergie $h\nu$ et, par conséquent, son coefficient de stabilité R peut être défini par le rapport $E - U/h\nu$ qui, d'après (2), s'écrit :

$$R = \frac{E-U}{h\nu} = \frac{m_0 c^2}{h\nu}(\sqrt{1+\alpha^2}-1) = \frac{1}{\alpha}(\sqrt{1+\alpha^2}-1).$$

Dans le domaine du rayonnement cosmique, α est grand, R a une valeur voisine de 1 (0,9998 pour la composante la plus dure), le courant est donc stable et l'on doit en conclure que le rayonnement secondaire corpusculaire se trouve en état stationnaire dans le rayonnement primaire électromagnétique. Mais le coefficient R décroît en même temps que α, il diffère déjà notablement de 1 pour les rayonnements γ et il devient très petit pour les rayonnements X; le courant qui s'amorce est alors instable et,

(1) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 86.

aussitôt formé, il se sectionne en deux afin qu'il y ait, à la fois, conservation de l'énergie et de la quantité de mouvement; l'un de ces courants est constitué par l'électron de recul et l'autre détermine la direction de la propagation du rayonnement diffusé; l'énergie entraînée par ce dernier est égale à $h\nu$ moins l'énergie cinétique de l'électron de recul et, comme le processus ne fait intervenir aucune action susceptible de modifier l'amplitude, la vibration n'est pas amortie et seule sa fréquence est en cause. Tout se présente, au point de vue mathématique, comme dans la théorie des photons.

Conclusions. — Il n'intervient, dans la nature, ni ondes symboliques ni photons; il n'y a pas de double dualisme. Par contre, les ondes et les particules matérielles sont soumises à un même dualisme, qui englobe les conceptions de Fresnel et de Maxwell ([1]), et l'on en trouve une preuve tangible dans le fait que, depuis longtemps déjà, on a dû considérer, simultanément, un moment cinétique et un moment magnétique dans les questions qui touchent la convection des particules.

PHOTOÉLECTRICITÉ. — *Prévision du pouvoir photoélectrique de certains corps à partir d'un nombre structural lié à la formule de ces corps.* Note de MM. **H. Spindler** et **R. Coustal**, présentée par M. J. Perrin.

Nous avons cherché à obtenir des cellules photoélectriques pour la lumière visible en coulant sur des disques de cuivre : 1° du chlorure cuivreux $CuCl$; 2° du bromure cuivreux $CuBr$; 3° de l'iodure cuivreux CuI.

Malgré l'analogie de ces trois substances, seul le bromure cuivreux a montré un effet photoélectrique net, analogue à celui présenté par les cellules habituelles à l'oxydule de cuivre.

Or, avant que nous ayons réalisé ces expériences, le résultat en avait été prévu par nous, de la manière suivante :

Nous avons utilisé un tableau des éléments chimiques (construit par H. Spindler) rappelant celui de la classification périodique, mais où les éléments sont affectés d'un indice atomique entier différent du nombre atomique; plusieurs éléments pouvant avoir le même indice : nous donnons au début du tableau, l'indice 1 aux éléments H, He, Li, puis un indice entier croisssant d'une unité avec le rang aux éléments suivants, puis le même indice (24) aux éléments de la triade Fe, Co, Ni, et ainsi de suite,

([1]) *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1379, et **197**, 1933, p. 26.

en donnant encore le même indice (40) à ceux de la triade Ru, Rh, Pd et toujours ainsi de suite, avec encore un même indice pour la triade Os, Ir, Pt.

A partir de ce tableau, on calcule un nombre structural correspondant à chaque espèce chimique, en opérant comme pour le calcul du poids moléculaire, mais en remplaçant les poids atomiques des éléments par les indices atomiques qui viennent d'être donnés.

On constate ainsi que les nombres structuraux de la presque totalité des composés de la chimie minérale sont des multiples de 8.

D'autre part, on a été amené à faire jouer un rôle spécial aux nombres structuraux appartenant à la série des nombres dits tétraédriques, c'est-à-dire des nombres entiers de la forme $n(n+1)(n+2)/6$ à savoir les nombres 1, 4, 10, 35, 56, 84, 120, ...

Or le nombre structural de l'oxydule de cuivre Cu^2O est $25 \times 2 + 6 = 56$ à la fois nombre tétraédrique et multiple de 8, et nous avons pensé que cette circonstance n'était pas étrangère à la photoélectricité particulière de cette substance.

Pour vérifier ces vues nous avons constitué des cellules sur le modèle des cellules au Cu^2O, avec les trois substances suivantes :

CuCl — nombre structural	....	$25 + 15 = 40$
CuBr »	....	$25 + 31 = 56$
CuI »	....	$25 + 47 = 72$

Nous avons pensé ainsi que, malgré les grandes analogies de ces trois corps, seul le bromure cuivreux, dont le nombre structural est 56, comme celui de l'oxydule de cuivre, permettrait d'obtenir des cellules photoélectriques analogues à celles au Cu^2O.

Les cellules que nous avons fabriquées pour la vérification l'ont été de façon identique pour les trois produits. Comme on le fait couramment pour les cellules à l'oxydule de cuivre, l'électrode transparente a été constituée par un dépôt d'or pulvérisé cathodiquement.

Les propriétés des cellules au bromure cuivreux sont tout à fait comparables à celles des cellules à l'oxydule. Seulement le courant produit par la lumière au lieu de se diriger dans le circuit extérieur du support de cuivre vers l'électrode transparente, comme dans les cellules au Cu^2O, se dirige de la pellicule d'or vers le support de cuivre.

A dimensions égales, la sensibilité d'une cellule au CuBr s'est trouvée de l'ordre de grandeur des 3/5 de celle d'une bonne cellule au Cu^2O.

Il y a proportionnalité entre l'intensité du courant photoélectrique et le flux lumineux reçu par la cellule, à condition que celle-ci débite sur une résistance extérieure négligeable devant la résistance intérieure de la cellule.

Cette résistance intérieure est d'ailleurs très mal définie et varie considérablement selon l'éclairement et les traitements antérieurs subis par la cellule.

Les cellules au CuBr s'altèrent sous l'action prolongée de la lumière et perdent généralement leurs propriétés au bout de quelques jours.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la combustion lente du benzène : vitesse de la réaction.* Note de M. **Jean Amiel.**

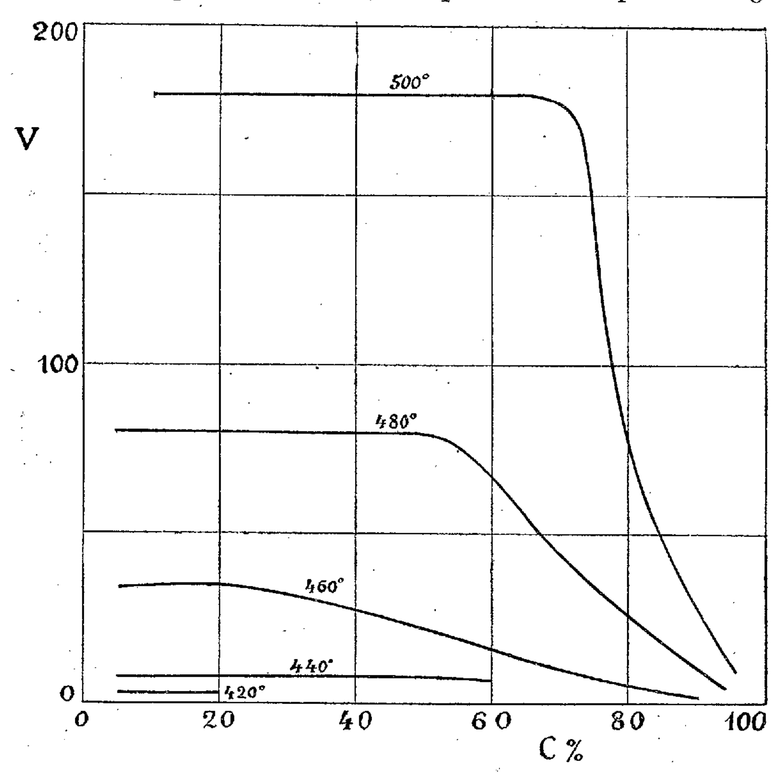
Le benzène est chauffé avec de l'oxygène (proportions : $C^6H^6 + 15O$) dans des tubes scellés en pyrex. J'ai déjà décrit [(1), (2)] le mode opératoire ainsi que les appareils mis au point pour analyser les gaz. Mes premières expériences (1) duraient 2 heures. J'en ai fait de semblables pour $^1/_4$, $^1/_2$, 1, 5 et 8 heures de chauffage; les températures étaient comprises entre 380 et 565° C. J'ai obtenu ainsi des réseaux de courbes isochrones donnant en fonction de la température les pourcentages d'oxygène libre, d'oxygène combiné, de CO, de CO^2, de carbone fixé sous la forme CO ou CO^2. Ces courbes ressemblent à celles que j'ai publiées dans une Note antérieure (1). J'en ai déduit les réseaux de courbes isothermes en prenant la durée de chauffe comme variable.

La publication de ces nombreuses mesures ne peut pas être envisagée ici, mais voici les résultats les plus importants, qui sont entièrement nouveaux, mis ainsi en évidence.

En utilisant une représentation triangulaire pour étudier le système ternaire CO^2, CO et oxygène non combiné, j'ai obtenu des courbes isochrones et par suite des isothermes groupées toutes dans une bande très étroite. Il est donc possible de prendre une seule courbe moyenne pour représenter la marche de la réaction et cela avec une précision suffisante dans un domaine très vaste. Une courbe moyenne a déjà été publiée ici même (1). De plus, en utilisant plusieurs travaux antérieurs, anglais et américains, j'ai montré que cette loi approchée très simple était valable pour la combustion lente du charbon et des carbures aliphatiques.

(1) Amiel, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1122 et 1896.
(2) Amiel, *Thèse de doctorat*, Paris, 3 juillet 1933.

J'ai mesuré aussi la vitesse globale de la réaction. La figure donne, en fonction du pourcentage de carbone transformé en CO et CO^2, les variations de cette vitesse V, mesurée en divisant ce pourcentage de carbone par la durée de chauffage exprimée en heures, entre 420 et 500° C. Cette vitesse est, dans un grand domaine, indépendante du pourcentage de car-



bone oxydé et par suite de la durée de chauffage, comme de la concentration du mélange combustible gazeux. En ne considérant que ces paliers, j'ai pu représenter les variations de la vitesse V, en fonction de la température absolue T, par la relation

$$\log V = -\frac{12300}{T} + 18,21.$$

Voici quelques chiffres :

T	693	713	733	753	773
V	3	8	34	80	180
log V	0,48	0,90	1,53	1,90	2,26
$-\frac{12300}{T} + 18,21$	0,47	0,97	1,44	1,88	2,30

Pour expliquer l'existence de vitesses constantes, il faudrait mieux connaître le rôle de la surface de pyrex en contact avec les gaz. Ce rôle a été souvent signalé pour tous les hydrocarbures et, dans le cas de l'éthylène, Thompson et Hinshelwood (1), puis Lenher (2) ont montré combien une augmentation de la surface de pyrex en contact gênait la combustion lente. Je me propose de faire une étude analogue pour le benzène.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur le déplacement de l'équilibre à volume constant.* Note de M. **R. Étienne**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Le mode de raisonnement que nous avons utilisé dans l'étude du déplacement de l'équilibre par variation de masse à pression constante (3) peut être étendu au cas où le volume reste constant. Mais les résultats obtenus sont nettement différents.

1. Le système étant en équilibre à V et T constants, on a $F = \Sigma \nu_1 \mu_1 = 0$. Donnons un accroissement Δn_1 à la masse de l'un des corps réagissants A_1. L'équilibre est troublé. F prend une valeur $F' \neq 0$. La réaction joue Δx fois (le sens positif correspondant à la production du corps A_1). Il s'agit de déterminer le signe de Δx.

Quel que soit le degré d'avancement de la réaction ainsi provoquée, qu'elle atteigne un nouvel état d'équilibre ou qu'elle soit arrêtée en cours de route par des résistances passives, dans tous les cas nous sommes assurés qu'elle correspondra à une diminution du potentiel total Z_{TV}. On peut donc écrire

$$\Delta Z_{TV} = F' \Delta x = \left(F + \frac{\partial F}{\partial n_1} \Delta n_1\right) \Delta x = \frac{\partial F}{\partial n_1} \Delta n_1 \Delta x < 0.$$

La réaction provoquée se fera donc dans le sens de la consommation du corps ajouté A_1 ou dans le sens inverse suivant que $\partial F/\partial n_1$ sera positif ou négatif.

2. *Cas des mélanges gazeux.* — Dans ce cas, il est facile d'exprimer $\partial F/\partial n_1$. On a en effet

$$\mu_1 = f_1(T, V) + RT \log n_1 \qquad \text{et} \qquad \frac{\partial F}{\partial n_1} = RT \frac{\nu_1}{n_1}.$$

(1) *Proc. Roy. Soc.*, A., **125**, 1929, p. 277.

(2) *J. Am. Chem. Soc.*, **53**, 1931, p. 3737.

(3) *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1887.

Cette quantité étant toujours positive, Δx et Δn_1 sont toujours de signes contraires ([1]), c'est-à-dire qu'un accroissement Δn_1 provoque toujours la réaction qui consomme A_1.

3. *Variation de c_1 au cours de la réaction provoquée.* — La relation générale

$$\Delta c_1 = c_1\left(\frac{\nu_1}{n_1} - \frac{\mathfrak{N}}{\Sigma n_1}\right)\Delta x,$$

toujours valable, montre que Δc_1 et Δx seront de même signe ou de signes contraires suivant le signe de l'expression $\nu_1/n_1 - \mathfrak{N}/\Sigma n_1$.

Par suite, un accroissement de masse Δn_1 fera diminuer ou augmenter c_1 suivant des distinctions qui correspondent exactement à celles que nous avons rencontrées à p constant dans notre première Note (*loc. cit.*), en étudiant le sens de la réaction provoquée.

4. *Comparaison entre les résultats obtenus à p constant et à v constant.* — Dans un mélange gazeux en équilibre dont la température est maintenue invariable :

A *p constant*, un accroissement Δn_1 de la masse d'un des constituants détermine la production d'une réaction qui *tantôt consomme*, *tantôt produit* le constituant considéré. Dans tous les cas, au cours de la réaction provoquée, la concentration de ce constituant *diminue*.

A V *constant*, l'accroissement Δn_1 provoque une réaction au cours de laquelle la concentration du constituant considéré *diminue* ou *augmente* suivant les cas. Mais la réaction provoquée se fait toujours dans le sens qui *consomme* ce constituant.

5. *Règle unique.* — Il est possible de grouper tous ces résultats dans un énoncé unique : Dans tous les cas l'accroissement Δn_1 provoque une réaction qui fait *diminuer la pression partielle* p_1 du constituant considéré.

Par exemple, à p constant la relation $p_1 = c_1 p$ permet d'écrire

$$\frac{\Delta p_1}{p_1} = \frac{\Delta c_1}{c_1},$$

d'où l'on conclut que p_1 diminue en même temps que c_1.

De même à V constant, la relation $p_1 V = n_1 RT$ permet d'écrire

$$\frac{\Delta p_1}{p_1} = \frac{\nu_1 \Delta x}{n_1},$$

d'où l'on conclut que Δp_1 est toujours négatif en même temps que Δx.

([1]) Ce résultat a été signalé depuis longtemps par Ariès (*Stat. chimique*, p. 198).

6. On peut retrouver cette règle unique par une méthode directe. En appelant δZ et $\delta \mu_1$ les variations correspondant à la réaction effectuée une fois dans le sens positif, on a en effet [1]

$$\frac{\partial F}{\partial n_1} = \frac{\partial}{\partial n_1} \delta Z = \delta \frac{\partial Z}{\partial n_1} = \delta \mu_1.$$

Il résulte alors de l'inégalité fondamentale que la réaction provoquée se fait toujours dans le sens qui correspond à une diminution de potentiel individuel μ_1 du corps considéré, ainsi qu'Ariès l'avait déjà fait remarquer par une autre méthode.

Or μ_1 peut s'exprimer des différentes manières suivantes :

$$\begin{aligned} \mu_1 &= \varphi_1(T, p_1) + RT \operatorname{Log} c_1, \\ &= f_1(T, V) + RT \operatorname{Log} n_1, \\ &= \psi(T) \quad + RT \operatorname{Log} p_1. \end{aligned}$$

Il résulte de ces expressions que, pour un accroissement Δn_1, la réaction provoquée correspond toujours : à T, p constants, à une diminution de c_1 ; à T, V constants, à une diminution de n_1 et dans les deux cas à une diminution de p_1.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Action de l'eau d'iode sur l'azotate d'argent. Étude cinétique*. Note de M[lle] **M.-L. Josien**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Dans une Note antérieure [2], nous avons étudié l'action de l'eau de chlor sur l'azotate d'argent; nous avons entrepris une étude analogue sur l'eau iodée, avec l'espoir de préciser et de concilier les résultats obtenus par Weltzien [3], Naquet [4], Senderens [5], Sammet [6].

Si l'on verse dans une solution aqueuse d'iode un excès de nitrate

---

[1] La démonstration s'applique aussi bien à la variation de Z_{Tp}, potentiel à T, p constants, qu'à celle de Z_{TV}. On sait d'ailleurs que les dérivées partielles $\mu_1, \mu_2, \ldots$ ont la même valeur quelle que soit celle des fonctions Z que l'on utilise.

[2] *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 449.

[3] Weltzien, *Ann. d. Ch. und Pharm.*, 9e série, 15, 1854, p. 43.

[4] Naquet, *Bull. Soc. chim.*, 1, 1860, p. 126.

[5] Senderens, *Comptes rendus*, 104, 1887, p. 175.

[6] Sammet, *Zeits. f. Phys. Chem.*, 53, 1905, p. 641.

d'argent, on observe, ici encore, une action en deux étapes : la première instantanée correspond à la rupture de l'équilibre d'hydrolyse,

(1) $$I^2 + H^2O \rightleftharpoons IH + IOH,$$

provoquée par la précipitation de l'iodure d'argent suivant

(2) $$HI + NO^3Ag \rightarrow IAg + NO^3H;$$

la deuxième semble consister en la décomposition de l'acide hypoiodeux

(3) $$3IOH \rightleftharpoons 2IH + IO^3H,$$

avec précipitation des ions I^- et IO^{3-} apparus.

Pour une eau de chlore, additionnée progressivement d'azotate d'argent, nous avions pu préciser analytiquement la fin de la première étape grâce au chromate de potassium. Dans le cas de l'eau iodée, ce réactif ne nous a permis de saisir aucun virage, vraisemblablement à cause de la dilution des solutions et de la couleur jaune de l'iodure d'argent.

Au contraire, l'empois d'amidon nous a donné des résultats intéressants. Une eau d'iode additionnée d'empois se décolore quand on y a versé un nombre de molécules d'azotate d'argent égal à la moitié du nombre des atomes d'iode présents, c'est-à-dire au moment où la réaction

$$I^2 + H^2O + NO^3Ag = IAg + NO^3H + IOH$$

est achevée.

Comme dans le cas du chlore, la deuxième étape a une vitesse mesurable qu'accélèrent la concentration en azotate d'argent et la température, mais que ralentit la dilution. Cette vitesse est beaucoup plus grande pour une solution d'iode que pour une solution de chlore. Voici en effet quelques-uns des résultats obtenus en dosant, par l'anhydride arsénieux en excès en présence de bicarbonate de sodium, l'acide hypoiodeux dans divers mélanges.

A 16° 1/4, après 2 et 10 minutes, les systèmes répondant à la composition 0,00141(1 + aNO^3Ag) ne présentent plus que les quantités suivantes d'acide hypoiodeux :

		0,5.	1.	1,5.	3.	6.
	a	0,5.	1.	1,5.	3.	6.
Pourcentage d'IOH par rapport à la quantité maxima possible :	après 2 minutes.	85	64	60	53	46
	après 10 minutes.	71	--	43	32	28

L'étude des mélanges *b* (0,00104I + 0,00475 NO^3Ag) à 18°,5 nous a montré l'influence de la dilution.

	b	1.	2.	5.	10.
Pourcentage d'IOH	après 2 minutes...	96	91	87	58
	après 10 minutes...	87	–	63	38

Le rôle de la température est très important : avec des liqueurs 0,00112 I + 0,0075 NO^3Ag, nous avons observé les résultats suivants :

	Température	0°.	18°,5.	44°.
Pourcentage d'IOH	après 2 minutes......	84	66	40
	après 10 minutes......	60	49	22

L'étude précédente sur l'eau iodée trouve une application dans l'action de l'azotate d'argent sur les liqueurs iodo-iodurées. Ces solutions additionnées de nitrate d'argent en excès permettent de tracer des courbes de pouvoir oxydant comparables à celles que présente l'eau d'iode.

Par contre, l'empois d'amidon nous a permis de faire les remarques suivantes. Avec des solutions iodo-iodurées suffisamment concentrées, environ décinormales, nous avons observé une décoloration de l'empois après avoir versé dans l'échantillon un nombre de molécules d'azotate d'argent égal au nombre de molécules d'iodure présentes; un deuxième virage, du brun chocolat au jaune franc, se produit après une nouvelle affusion d'un nombre de molécules d'azotate égal à la moitié du nombre des atomes d'iode libre présents. Ces résultats montrent qu'une solution d'azotate d'argent versée dans un mélange d'iode et d'iodure de potassium s'attaque d'abord aux ions I^- : la précipitation de l'iodure de potassium qui joue le rôle de solvant provoque bien la précipitation de l'iode, mais dans le précipité brun ainsi apparu, on peut retrouver, par extraction à la benzine, la totalité de l'iode primitivement dissous.

Les solutions iodo-iodurées diluées ne permettent pas d'observer avec netteté le premier des deux virages précédents; pour des liqueurs environ centinormales, le deuxième seul subsiste.

Cette diversité des virages suivant la dilution semble permettre l'hypothèse suivante : en solutions concentrées, des ions I^- seraient absolument nécessaires à la coloration bleue de l'empois et ces ions n'existeraient plus après la précipitation de l'iodure par l'azotate d'argent; en solutions diluées, au contraire, la présence de ces ions ne serait plus aussi rigoureusement nécessaire.

GÉOLOGIE. — *Contribution à l'étude géologique de la Cordillère occidentale des Andes de Colombie.* Note de M. **E. Aubert de La Rüe.**

La constitution de la Cordillère occidentale de Colombie est encore peu connue. W. Reiss, dans une étude déjà ancienne (¹), indique que cette chaîne est formée de schistes et de grès crétacés, traversés par de nombreux filons de roches vertes. C'est aussi l'avis de A. Hettner (²), qui considère que la Cordillère occidentale de Colombie a une constitution semblable à celle de l'Ecuador, décrite par T. Wolf (³).

Au cours d'une récente exploration dans la région située au sud de la Bahia de Buenaventura, j'ai étudié les bassins du Yurumangui et du Naya, fleuves côtiers se jetant dans le Pacifique entre 3° et 3°30′ lat. N (versant ouest de la Cordillère occidentale).

Cette région se compose de trois parties distinctes. A l'Ouest, s'étend une plaine alluviale côtière, bordée d'îles basses de même nature. Il s'agit de dépôts limoneux et sableux, d'âge quaternaire, représentant une formation de delta, large d'environ 15^{km}, que les apports actuels des fleuves continuent à accroître.

Entre cette bande quaternaire du littoral et les premiers contreforts de la Cordillère apparaît, sur une quarantaine de kilomètres de largeur, une zone de collines, hautes de 50 à 200^{m} et formées de dépôts arénacés tertiaires. Ce sont des grès tendres et des argiles sableuses passant progressivement à l'Est à des conglomérats fluviatiles. Ces dépôts, d'origine continentale ou subcontinentale, sont faiblement ondulés et accusent en outre un pendage général de 10° à 20° vers l'W-N-W. J'ai trouvé dans cette série gréseuse et conglomératique, entre le Yurumangui et le Naya, des lignites et des empreintes de végétaux. M. P. Marty a examiné certaines de ces dernières, provenant de la Quebrada de Piña près de San-Antonio et a reconnu trois espèces comparables à *Ficus adhatodaefolia* Schott., *Qualea grandiflora* Mart. et *Davya glabra* de Cand., vivant actuellement au Brésil. Comme ces empreintes se rapportent à des plantes de la zone tropicale, c'est-à-dire d'une zone où Hallick a montré que la flore n'a subi que peu de modifications depuis le début du Tertiaire, on ne peut, pour l'instant du

(¹) W. Reiss und A. Stübel, *Reisen in Süd-Amerika*, Abtheil. 1, *West Cordillere;* Lief. 1-2, Berlin, 1892–1893.

(²) *Petermanns Mitt.*, 39, 1893, p. 129-136.

(³) T. Wolf, *Geografia y geologia del Ecuador*, Leipzig, 1892.

moins, préciser l'âge exact de cette série où je n'ai, par ailleurs, trouvé que des restes de Lamellibranches non identifiables.

A l'Est, ces dépôts tertiaires recouvrent en discordance les terrains plus anciens de la Cordillère, qui apparaissent un peu en amont de Las Juntas, dans la vallée du Yurumangui et à la Concepcion dans celle du Naya.

Au Yurumangui et dans les gorges de son affluent la Soledad, ces terrains sont représentés par des schistes ardoisiers noirs pyriteux et par des phyllades verdâtres et violacés, accompagnés de quartzites. Entre Las Juntas et l'Aguacate (Yurumangui), ainsi que dans la vallée de la Soledad, les schistes, modifiés par des venues éruptives, sont chargés de staurotide et de grands cristaux d'andalousite. Les schistes pyriteux noirs ont également une grande extension dans la haute vallée du Naya et dans celle de son affluent, le rio de la Concepcion. J'ai trouvé de plus, à l'état roulé dans ces deux cours d'eau, des schistes à andalousite et des quartzites. Les schistes et les quartzites du Yurumangui et du Naya, traversés par de nombreux filons de quartz aurifères, ont le faciès de roches anciennes, mais l'absence totale de fossile ne permet pas de les dater. J'ai trouvé quelques rares fragments de roches cristallophylliennes dans les alluvions de ces deux fleuves (gneiss à cordiérite, amphibolite, cipolin), ce qui laisse à penser que ces roches n'affleurent que sur des surfaces restreintes dans cette partie de la Cordillère. Les schistes et quartzites du pied de la Cordillère et les dépôts tertiaires qui s'étendent à l'Ouest sont recouverts par des alluvions anciennes aurifères, d'âge vraisemblablement pléistocène, formant des placages et des terrasses sur les flancs des vallées. Ces alluvions, où se retrouvent les différentes roches de la Cordillère, sont formées de cailloutis grossiers et de graviers liés par de l'argile.

Quant aux roches éruptives, étudiées avec le concours de Mme Jérémine, et dont j'ai recueilli de nombreux échantillons, filons, dans les schistes des parties hautes du Yurumangui et du Naya, elles sont variées. Je citerai un granite leucocrate à structure micrographique. La présence, parmi les galets de la Soledad, de cristaux de quartz associés à de la tourmaline verte, prouve l'existence de pegmatites. Les granites, à biotite et amphibole, plus fréquents, sont accompagnés de microgranites leucocrates et plus rarement de monzonites (Naya). Les diorites amphiboliques et les gabbros sont, avec les dolérites, les roches éruptives les plus abondantes. D'autres très altérées, souvent verdâtres, sont rapportées aux andésites. Ces roches éruptives sont postérieures aux schistes et quartzites de la Cordillère et antérieures aux dépôts tertiaires de la zone des collines. Les laves récentes font défaut dans toute la région étudiée.

GÉOLOGIE. — *Le Trias inférieur marin du nord de Madagascar et sa faune de Céphalopodes.* Note [1] de **Maurice Collignon**, présentée par M. H. Douvillé.

Les dépôts triasiques du nord de Madagascar, récemment étudiés par H. Besairie, forment une longue bande orientée SW-NE, superposée au Permien et au Cristallin depuis le massif gneissique de Sambirano au Sud-Ouest, jusqu'à l'embouchure du Manankolena dans l'océan Indien, à l'Est. Ils présentent deux séries de faciès différents à l'Ouest du Tsarambarano d'une part, à l'Est d'autre part.

Les couches de la série Ouest, superposées au Permien marin à Céphalopodes, ont fourni jusqu'à présent une faune de Poissons et d'Ammonites renfermés dans des nodules. Les Ammonites nous sont connues par les descriptions de H. Douvillé, A. Merle et E. Fournier, C. Diener et surtout de I. Vaillant-Couturier-Treat; elles sont à l'état d'empreintes ou de moules internes, souvent spécifiquement indéterminables.

Les couches de la série Est n'ont fourni jusqu'ici que quelques Ammonites fragmentaires étudiées par J. Cottreau et H. Besairie; elles ont été recueillies à un niveau plus élevé que celui des nodules du faciès Ouest. Les fouilles entreprises en 1930-1931 par H. Besairie à Barabanja, dans le cercle de Vohemar, ont amené la découverte d'une des plus riches faunes connues jusqu'à ce jour dans le Trias inférieur.

J'y ai reconnu la présence de nombreuses espèces dont la description détaillée sera publiée prochainement.

Nautilidés :

1. *Orthoceras* sp. aff. *dubium* v. Hau.
2. *Nautilus* (*Menuthionautilus*) *Kieslingeri* nov. gen., nov. sp., remarquable par la disposition ventrale du siphon chez tous les exemplaires recueillis.

Ammonoïdés. — *Gephyroceratea :*

3. *Ophiceras* (*Gyronites*) *frequens*, Waag., représenté par deux groupes de formes, les unes de section aplatie, les autres de section elliptique.
4. Des exemplaires du rare genre *Vishnuites* Diener caractérisé par une carène ventrale tranchante.
5. Plusieurs espèces de *Flemingites* Waag., se rapportant à des types bien connus des calcaires à *Cératites* de la Salt Range ou des couches à *Hedenstrœmia* de l'Himalaya (Spiti), comme : *F. radiatus* Waag., *F. Flemingi*, Waag., *F. compressus*,

---

(1) Séance du 23 octobre 1933.

Waag, *F. Griesbachi*, v. Krafft, et à une espèce de Timor, *F. pulcher*, Welter. Le genre Flemingites est très abondamment représenté et a fourni des exemplaires de très forte taille.

6. Quelques individus assez peu nombreux appartenant au genre *Meekoceras* Hyatt : *M. Markhami*, Diener, si abondant dans les couches de ce nom à Shalshal Cliff, ne m'a fourni qu'un seul exemplaire, de même que *M. pseudoplanulatum*, v. Krafft, *M. Khoorense* Waag., *M.* sp. aff. *falcatum*, Waag.

7. Le genre *Aspidites* Waag., entendu au sens le plus large (incl. *Kingites* Waag., *Koninckites* Wag., *Clypeoceras*, J. P. Smith) est représenté à Barabanja par d'innombrables individus, parfois de très grande taille et admirablement conservés.

A côté d'espèces déjà connues telles que *A. crassus*, v. Krafft, *A. spitiensis*, v. Krafft, *A Haydeni* v. Krafft, *A. ensanus*, v. Krafft, j'ai reconnu l'existence de plusieurs espèces nouvelles à affinités himalayennes. *A. Besairiei*, *A. Boulei*, *A. Wanneri*, *A. Jacobi*, *A. Arthaberi*.

8. Un élément essentiel de la faune se rapporte au genre *Hedenstrœmia*, Waag. représenté ici par une seule espèce *H. Mojsisovicsi*, Diener, mais extrêmement abondante en individus de toute taille et admirablement conservés.

9. Le genre *Pseudosageceras*, Diener a fourni d'assez nombreux exemplaires d'une seule espèce *P. multilobatum*, Nœtl., dont la répartition paléogéographique est presque mondiale au Trias inférieur.

Gastrioceratea :

10. *Paranannites*, Hyatt et Smith, limité jusqu'ici à l'Idaho et à l'Albanie, a fourni une espèce nouvelle, *P. Cottreaui*.

11. *Proptychites*, Waag, se présente ici avec un individu unique de type himalayen, *P.* sp. aff. *typicus*, v. Krafft, de nombreux exemplaires d'une espèce nouvelle *P. Douvillei* et un curieux échantillon à lobes de style albanais, *P. Rœdereri* n. sp.

12. Enfin le genre *Juvenites*, J. P. Smith, avec un seul individu *J. Besairiei*, n. sp. ne joue ici qu'un rôle extrêmement effacé.

Cette faune si abondante, recueillie dans des couches tout au plus épaisses de quelques mètres, se place au niveau de la zone III*a* du Trias inférieur de J. P. Smith à *Pseudosageceras multilobatum*. J'ai admis la parallélisme plus ou moins approximatif du niveau fossilifère de Barabanja avec les Grès à *Ceratites* de la Salt Range, les couches à *Hedenstrœmia* de l'Himalaya (Spiti), la subdivision inférieure à *Pseudosageceras multilobatum* de la « *Meekoceras zone* » de l'Amérique du Nord (Idaho, Californie, Nevada), les calcaires à *Meekoceras* et à *Ophiceras crassecostatum* de Timor, les couches appartenant à la « Variegated Series » de Spath qui sont superposées au Groenland à des niveaux riches en *Otoceras*, les calcaires à *Pseudomonotis* et à *Meekoceras* découverts par P. Bonnet dans le Charour-Daralagöz (Arménie), les couches à *Meekoceras* de la région du Uonashismura à Shikoku.

En résumé, les couches de Barabanja constituent, *dans l'hémisphère austral*, une réplique particulièrement nette des dépôts de l'Himalaya, de la Salt Range et de l'Idaho caractérisés par les genres *Flemingites*, *Hedenstrœmia* et *Pseudosageceras*.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *La composition et la structure des couches sédimentaires en fonction des équilibres orogéniques*. Note [1] de M. **J. P. Arend**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

La composition et le caractère colloïdal des roches sédimentaires constituant la partie essentielle de la croûte terrestre réclament l'intervention de sels qui, ainsi que nous l'avons démontré, ne peuvent se former dans les conditions atmosphériques par lessivage de dépôts solidifiés, d'après la loi du produit de solubilité.

Seul le lessivage des magmas, à température élevée et sous haute pression, semble garantir les conditions que réclament, de cas en cas, l'ascension, la composition et la constance de la constitution physico-chimique des sols dans les circonstances tectogénétiques données.

On sait que le degré de fluidité de la lave augmente suivant les quantités d'eau qu'elle tient en solution. Il en résulte une diminution du poids spécifique et une augmentation de la poussée.

Il s'ensuit que chaque fois que la pression hydrostatique des abysses suffit à établir et à entretenir le contact de l'eau ou de la vapeur d'eau avec le magma visqueux se forment des solutions magmatiques hydratées, fluides et surnageantes, se déployant en nappes à la surface-limite, entre le magma visqueux et la croûte solidifiée. Des courants s'établissent vers des points élevés d'une zone de poussée donnée, en font des centres de pression maximum. La poussée totale, modelée sur l'épaisseur de la nappe et s'exerçant suivant l'augmentation du volume sur toute l'étendue du système, est considérable.

Des soulèvements avec ou sans éruptions deviennent possibles.

Lorsqu'une éruption se produit, elle donne essentiellement, suivant la détente afférente, des laves ou des eaux à l'état de vapeur ou à l'état liquide.

Ce dernier cas, de beaucoup le plus répandu et le plus important, nous intéresse particulièrement.

---

[1] Séance du 16 octobre 1933.

Une détente s'opérant à une température supérieure à la température critique, où la condensation des vapeurs d'eau se fait avec un retard plus ou moins grand dans les roches refroidies et solidifiées, aboutit à une eau hydrothermale non ou faiblement minéralisée, à l'exemple des eaux de Plombières (Vosges). Si, par contre, la détente se fait lentement, à une température inférieure à la température critique, des « sols » se libèrent, à une pression encore élevée sous forme d'eaux hydrothermales fortement minéralisées, à l'exemple des eaux de Mondorf (Luxembourg).

Ainsi se conçoivent les mouvements orogéniques et l'évacuation du détritus magmatique par les eaux hydrothermales.

La poussée considérable des magmas hydratés détermine, suivant la vitesse de formation et l'intensité des courants fluides, des soulèvements plus ou moins lents et en relation avec lesquels se forment généralement des fentes ouvertes. Ces fractures s'établissent toujours à la base du versant soulevé le plus étiré et à l'endroit du plus petit angle de flexion.

Chaque détente libère, à la surface des nappes magmatiques fluides, de la chaleur latente. Le surcroît de pression qui s'ensuit rompt l'équilibre dans la partie soulevée. Sous l'effet de la contre-pression qui peut être considérable les boues sont expulsées par la fracture de détente. La partie soulevée sera marquée par un premier déplacement vertical, auquel peuvent s'en ajouter d'autres dans les poussées et affaissements successifs.

Comme centre surélevé de moindre résistance toute fracture de détente oriente le sens des courants à basse fusibilité.

En conséquence, des détentes chaudes avec production d'eaux non ou faiblement minéralisées doivent intervenir au début, à l'époque des fractures ouvertes. Mais à mesure que celles-ci s'obstruent, la pression du système augmente et les détentes, plus lentes et plus froides, tendent vers les sols minéralisés.

Cette variabilité est essentielle.

En cas d'évacuation du détritus originel par les eaux non ou faiblement minéralisées, celui-ci devait se cimenter, dans la phase métamorphique, suivant sa propre colloïdité. Les sols minéralisés ont apporté, par contre, au détritus non seulement des floculats servant de liant chimique, mais encore des dépôts puissants. La composition comme la structure de ces derniers ont été déterminées d'après le potentiel d'oxydation-réduction ou d'après le pH des eaux mères, suivant que celles-ci étaient peuplées ou non d'êtres organisés.

Mais, en fonction des détentes chaudes ou froides, varient encore la composition chimique et pétrographique des détritus mêmes.

L'effet de la haute pression hydrostatique des abysses sur la formation intense des magmas hydratés du continent sud-américain peut servir d'exemple.

A partir des roches granitoïdes primaires, les poussées y étaient violentes et les détentes ont dû être chaudes dès le début. De ce chef, la séparation interne par superposition, en raison de la basicité, devenait impossible dans les foyers agités. L'évacuation devait donc porter sur un mélange détritique, restant constant jusqu'au dégagement des magmas lourds ferrugineux. Le développement important de gneiss souligne cette continuité jusqu'au moment où les itabirites et les hématites provenant du magma lourd s'y superposent.

Le dégagement des magmas lourds dans l'intérieur de notre continent se faisait, par contre, sous l'effet de détentes lentes, permettant l'évacuation suivant le degré de basicité à travers les époques primaires, secondaires et tertiaires. Les dérèglements apparents s'expliquent par les déplacements successifs des fractures de détente qui, seules, alimentaient les bassins de réception.

La constance des mers est prouvée, puisqu'elles n'ont pu prendre aucune part active à la construction des continents.

Le caractère colloïdal des couches sédimentaires et l'alternance des roches, par rapport à la composition et à la structure sont expliqués. La transmission des poussées à grande distance est donnée ainsi que la disposition zonaire des montagnes.

La dérive est limitée aux zones actives sous pression. La pression de recul explique les dérives zonaires et les grands charriages.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Observation des Aurores polaires au Scoresby Sund pendant l'Année Polaire.* Note de M. **A. Dauvillier**, présentée par M. M. de Broglie.

L'observation des Aurores a été assurée d'une façon permanente, au Scoresby Sund, depuis la mi-septembre jusqu'à la mi-avril, par quarts de trois heures auxquels ont participé douze membres de l'Expédition française. La veille qui a atteint dix-sept heures consécutives durant la nuit

polaire s'effectuait dans une tour hexagonale, édifiée sur le faîte de la station, munie d'une ouverture centrale par laquelle l'observateur, confortablement baigné dans un courant d'air chaud ascendant, examinait le ciel à l'air libre. Par très mauvais temps il était encore possible de poursuivre des observations spectroscopiques au travers de doubles glaces chauffées électriquement. La position des phénomènes lumineux était repérée par rapport aux points cardinaux magnétiques inscrits dans le pavillon, ainsi que par rapport aux étoiles. Leur intensité était chiffrée selon la notation internationale (de 0 à 4), 1 correspondant à l'apparition de lueurs justes visibles (10^{-7} bougie/cm^2), 4 à celle de lueurs brillantes et colorées (10^{-3} bougie/cm^2). Durant 2700 heures de veille, plus de dix mille observations distinctes furent notées.

La statistique montre que l'aurore a été quasi permanente durant l'année aurorale. Toutes les formes ont été observées, toujours sensiblement orientées de l'Est à l'Ouest. La fréquence d'apparition montre que le Scoresby Sund était situé au Nord de la zone du maximum.

Les très fortes aurores de la fin de février ont mis en évidence le processus d'évolution régulier du phénomène. Celui-ci débutait à l'horizon S-E, au-dessus de l'Islande, passait au zénith une demi-heure plus tard et disparaissait en s'affaiblissant au N-W. L'inclinaison des rayons se confondait avec celle des lignes de force magnétiques (78°) à 1° près. Celles-ci, vues au zénith, sont animées d'un mouvement de rotation rapide (0,1 sec) dans le sens inverse de celui des aiguilles d'une montre. Ce tournoiement résulte des mouvements d'ondulation des draperies dégénérant en tourbillons isolés.

Photographie. — Plusieurs centaines de clichés, posés environ une seconde sur des plaques Lumichrome, ont confirmé une décroissance de pression très lente avec l'altitude dans la haute atmosphère et l'existence accidentelle de couches absorbantes horizontales dont le bord supérieur atteindrait 130^{km} et qui sont peut-être à rapprocher des arcs crépusculaires de haute altitude.

Spectrographie. — Deux spectrographes ont été utilisés, pointés à demeure à 40° au-dessus de l'horizon vers l'Ouest. Le premier, à optique de quartz (F/12), a donné des spectres ne se différenciant pas de ceux décrits par M. Vegard. Le second, à optique de verre (F/8), destiné à l'étude des régions rouge et infrarouge sur plaques crypta, n'a pas donné de résultats positifs.

Variation diurne. — La statistique horaire, portant sur les 157 aurores

les plus caractéristiques, montre une variation diurne très accentuée avec un maximum principal étalé sur 2 heures à 21^h (temps local) et un maximum secondaire aigu à 4^h30^m. La fréquence, aux époques extrêmes (15^h30^m et 7^h30^m), est dix fois plus faible qu'à l'époque du maximum. Si l'on divise la journée en deux périodes de 12 heures (temps de Greenwich), la fréquence aurorale moyenne est sensiblement la même durant les deux moitiés.

Activité aurorale. — Si l'on attribue à chacune de ces périodes de 12 heures une activité aurorale moyenne (de 0 à 4), selon l'échelle précitée, on peut établir la courbe de la variation de l'agitation aurorale au cours de l'année.

Cette courbe, qui est en parfait accord avec celle de l'agitation magnétique, établie, au moyen des mêmes coefficients, d'après l'inspection des enregistrements magnétiques, montre une variation confuse durant le dernier trimestre de 1932. Durant les premiers mois de 1933, au contraire, la courbe accuse une périodicité très nette, coïncidant avec la période de rotation solaire de 27 jours. Mais, si l'on compare les courbes aurorale et magnétique à celle de l'activité solaire (exprimée en nombres de Wolff), il apparaît un phénomène remarquable : les deux courbes sont en opposition de phase.

Cette périodicité est due à la présence, durant le premier trimestre de 1933, d'un foyer unique et intense (tache visible à l'œil nu, latitude héliographique $+10^o$, longitude 315°, rotation 1061) d'activité sur le Soleil, ayant évolué durant trois rotations, en présentant un fort maximum (67) pendant la première quinzaine de février. Or, c'est à cette époque qu'ont été observées les deux seules périodes d'activité aurorale nulle de l'année. Au contraire, durant la seconde quinzaine, alors que l'activité solaire était nulle, des aurores exceptionnellement intenses — les plus fortes de l'année — ont été observées (20, 21, 22 février).

Des décalages dans le temps de quelques dizaines d'heures par rapport au passage d'un foyer d'activité solaire par le méridien central ont souvent été signalés, mais c'est la première fois qu'un décalage d'une demi-période de rotation solaire apparaît aussi clairement.

Ce résultat est de la plus haute importance. Non seulement, il ruine les théories attribuant les phénomènes auroraux et magnétiques à l'émission par le Soleil de rayons ultraviolets, en attribuant les retards constatés à une durée de propagation de corpuscules électrisés, mais il prouve que ce sont bien les jets coronaux déliés équatoriaux qui sont la seule cause de

ces phénomènes. L'étude des éclipses a, en effet, montré que les jets coronaux les plus intenses n'étaient pas radiaux et qu'ils prenaient naissance, non sur les bords du disque solaire, mais en avant ou en arrière de celui-ci. En période de minimum solaire, les jets électroniques déliés provenant du foyer d'activité ont une énergie assez réduite pour être courbés, par le champ magnétique solaire de M. Deslandres, au point de rencontrer la Terre à l'opposé de leur direction d'émission, à la façon d'une large queue cométaire diffuse et recourbée.

ÉCOLOGIE VÉGÉTALE. — *La flore et les conditions physiques des flaques du littoral de l'océan Atlantique et de la Manche.* Note de M. **Ad. Davy de Virville**, présentée par M. Marin Molliard.

Nous avons récemment montré, J. Feldmann et moi, que, sur le littoral de la Méditerranée, on pouvait distinguer deux types de flaques : 1° les flaques à Chlorophycées dans lesquelles la température, la salinité et l'alcalinité présentent des variations importantes; et 2° les flaques à Phéophycées et à Floridées dont le milieu physique se maintient, au contraire, beaucoup plus constant. Il était intéressant d'étendre ces résultats aux flaques de l'océan Atlantique et de la Manche où, par suite de la marée, les cuvettes sont beaucoup plus nombreuses, situées dans des conditions œcologiques très variées et peuvent être observées à partir du moment où la mer les abandonne : ce qui se produit sucsessivement aux diverses heures de la journée.

Nos observations ont été faites d'abord dans quelques îles et récifs de la Manche, à la faveur de la première croisière du Saint-Maudez, le nouveau bateau du Laboratoire maritime de Saint-Servan, puis sur le littoral de la rade de Saint-Malo et de la baie de Saint-Brieuc, enfin sur la côte basque. Elles confirment entièrement les résultats obtenus en Méditerranée sous la seule réserve que les différences floristiques constatées entre ces deux types de flaques sont peut-être moins accusées sur les côtes océaniques que sur le littoral méditerranéen, par suite de la grande variété des conditions œcologiques offertes aux Algues dans la zone intercotidale. De plus, nous avons constaté les principaux faits nouveaux que voici :

1° Le pH de l'eau de mer littorale de l'océan Atlantique et de la Manche a été trouvé constamment égal à 8,1 (par la méthode colorimétrique, avec le bleu de thymol comme indicateur) alors que nous avons toujours

observé 8,2 dans la Méditerranée. Par suite l'amplitude des variations de la concentration en ions hydrogène de l'eau des flaques du littoral atlantique est un peu plus grande que celle observée sur les côtes méditerranéennes.

2° Le pH des flaques à *Enteromorpha compressa*, mesuré à l'aide d'un nouvel indicateur (jaune P de Poulenc), peut s'élever jusqu'à 9,8-10,0. Cette ascension est parfois très rapide puisqu'elle se produit en moins de 3 heures dans les conditions naturelles. La courbe obtenue en portant en abscisses les heures de la journée et, en ordonnées, les degrés alcalinimétriques, devient alors presque une droite. De plus, ayant vidé expérimentalement, par une après-midi chaude et ensoleillée, une flaque à Entéromorphes dont le pH mesurait alors 9,4, puis l'ayant remplie d'eau de mer littorale, ce qui ramena le pH à 8,3, nous avons vu de nouveau celui-ci atteindre 9,4 en 20 minutes environ.

3° Nous avons observé un type de stations que nous n'avions pas rencontré en Méditerranée : les flaques ou fentes obscures à Floridées. Dans ce cas, le pH est toujours de 0,1 inférieur à celui de l'eau de mer : et la température égale ou à peine supérieure à celle-ci.

4° Les variations de l'alcalinité ne semblent pas avoir d'action, directe tout au moins, sur la répartition des Algues marines : car, d'une part, nous avons observé, à Guéthary, des flaques où des *Enteromorpha ramulosa* se développaient dans une eau constamment renouvelée dont l'alcalinité se maintenait toujours égale à celle de l'eau de mer ou très voisine de celle-ci; et, d'autre part, nous avons encore assez souvent noté la présence d'Entéromorphes ou d'autres Chlorophycées, dans des flaques à Phéophycées et à Floridées dont le pH ne dépassait pas 8,2-8,3 en moyenne.

5° Les mesures de température de l'eau des flaques faites dans des conditions météorologiques aussi semblables que possible, à quelques jours d'intervalle (fin juillet et début août) à Banyuls, dans la Méditerranée, et à Saint-Malo, dans la Manche, ont montré que la température maxima était identique dans ces deux stations, ou même légèrement supérieure à Saint-Malo. Ce fait, en apparence paradoxal, tient à l'absence du refroidissement de l'eau par évaporation, conséquence de l'état hygrométrique de l'atmosphère toujours très élevé sur les côtes de la Manche.

Les variations alcalinimétriques que nous venons d'indiquer sont d'ailleurs concordantes avec les indications déjà données à ce sujet par divers auteurs, entre autres par F. W. Gail, W. R. G. Atkins, R. Legendre, A. Labbé, Ed. Fischer.

ZOOLOGIE. — *Sur la présence de corps à fonction phénolique libre dans le sang des Araignées.* Note de MM. **J. Millot** et **R. Jonnart**, présentée par M. Caullery.

Il y a quelques années, l'un de nous ([1]) a signalé l'existence, dans les globules blancs des Aranéides, de deux sortes de granulations osmioréductrices. Les unes, irrégulières de taille, souvent assez grosses, peuvent se rencontrer dans toutes les catégories de leucocytes, mais toujours en petit nombre; leur nature chimique ne saurait faire de doute, les réactions caractéristiques des lipoïdes étant sur elles positives. Les autres, petites, égales entre elles, sont propres aux leucocytes dits granuleux, qu'elles caractérisent et qu'elles remplissent plus ou moins complètement; leur composition chimique était restée incertaine, leur coloration par l'acide osmique, inconstante, et, quand elle se produit, différente suivant les sujets, indiquant seulement qu'à un substratum vraisemblablement albuminoïde vient s'ajouter, en quantité variable suivant les cas, un corps réducteur. Il nous a paru intéressant de chercher à préciser la nature de celui-ci.

Frappés par le fait que les granulations ne présentent aucune des réactions des graisses et qu'elles se teintent en brun par le bichromate de potasse, nous avons été amenés à penser qu'elles pouvaient contenir des corps phénoliques. Pour déceler ceux-ci, nous avons fait agir de nombreux réactifs, perchlorure de fer chlorhydrique, iodate de potasse, molybdate d'ammoniaque en présence d'acide chlorhydrique, paraaminophénol en milieu oxydant [formation d'indophénol, cf. Lison ([2])], d'autres encore, dont le détail sera donné dans une étude ultérieure. Dans nombre de cas, nous avons obtenu des résultats nettement positifs, quoique, comme il était à prévoir, d'intensité inégale suivant les sujets, et cela non seulement sur les granulocytes, mais aussi parfois sur le plasma. Dans certains cas, il s'agit de monophénols, dans d'autres de diphénols, mais, le plus souvent, des corps appartenant aux deux séries sont présents simultanément dans des proportions variables. Nous sommes donc autorisés à conclure qu'il peut exister, de façon normale dans le sang des Aranéides, des corps à fonctions phénoliques libres, aussi bien fixés sur les granulocytes que

---

([1]) J. Millot, *Bull. Biol. France et Belgique*, *Suppl.*, **8**, 1926, p. 1-240.

([2]) *Arch. Biologie*, **41**, 1931, p. 349-436.

dissous dans le plasma. Ce fait est déjà assez remarquable en lui-même, étant données la toxicité habituelle des substances en question et leur rareté dans les tissus animaux.

Cherchant à déterminer les causes de leur apparition, nous avons constaté que, ni les différences d'espèces, ni les conditions nutritives, ni l'état des organes génitaux n'interviennent. Nous avons pu établir, par contre, une relation fort intéressante avec le phénomène de la mue. De nombreuses recherches nous ont, en effet, montré que les phénols présents dans le sang avant une mue disparaissent toujours à la suite de celle-ci, pour reparaître au cours de la semaine qui précède la mue suivante. Des documents particulièrement convaincants à ce point de vue nous ont été fournis par des *Araneus diadematus* Cl. d'assez grande taille : sur les mêmes sujets, nous avons pu pratiquer des prélèvements successifs de sang avant et après la mue, éliminant ainsi toute erreur due à des facteurs individuels.

Il se produirait donc, chez les Aranéides, au moment de l'exuviation, une élimination ou une destruction de corps phénoliques et l'on peut se demander si l'apparition dans le sang de ces substances généralement toxiques ne serait pas une des causes du phénomène si complexe qu'est la mue chez ces Arthropodes.

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur la vision des couleurs et ses anomalies.* Note de M. **Polack**, présentée par M. Fabry.

Dans ma Note du 9 novembre 1931 j'ai montré la domination des théories dans l'étude du sens chromatique. Helmholtz porte à la hauteur d'un dogme l'hypothèse des trois couleurs fondamentales, émise *sous toutes réserves* par Thomas Young 50 ans auparavant. Pour déterminer ces couleurs fondamentales, Helmholtz s'adresse au daltonisme qu'il considère, sans en approfondir l'étude, comme une cécité pour l'une ou l'autre des trois fondamentales. Son opinion fait autorité et la science physiologique des couleurs, très en retard sur la science physique, plie sous le poids des idées dites *théorie Young-Helmholtz ;* elle ne peut s'en affranchir, elle y est rivée par sa terminologie même. Cependant les faits ne s'accordent pas avec cette théorie trichromatique. Avec trois couleurs spectrales, il est impossible de reproduire exactement toutes les autres couleurs du spectre. Helmholtz le reconnaît lui-même. Maxwell le montre expérimentalement. Avec la valeur négative qui figure dans la plupart de ses équations, il est

impossible de ramener la vision des couleurs à un système trichromatique et de conserver la terminologie actuelle, basée sur ce système.

La trichromasie normale n'étant qu'une fiction, on ne peut appeler *trichromasie anomale* l'anomalie découverte par Lord Rayleigh en 1880 et caractérisée, sans autres troubles chromatiques, par l'exagération de la composante verte dans l'équation entre le jaune spectral et un mélange de rouge et de vert, exagération due à la diminution de sensibilité relative pour les radiations vertes.

La découverte du Lord Rayleigh est du plus haut intérêt; elle montre clairement qu'une diminution de sensibilité relative pour certaines radiations du spectre ne peut à elle seule produire les effets du daltonisme. Dans celui que la nomenclature classique qualifie de cécité pour le vert ou pour la deuxième fondamentale et que l'on pourrait appeler, pour ne rien préjuger, *type Nagel*, la diminution de sensibilité relative pour les radiations vertes est la même que dans l'anomalie du *type Rayleigh* et se traduit par la même équation entre le jaune spectral et le mélange rouge-vert, à condition de solidariser dans l'appareil les fentes d'admission du rouge et du vert de telle sorte que l'une s'ouvre d'autant que se ferme l'autre et inversement et que la somme de ces ouvertures reste constante. Mais tandis que le *type Rayleigh* ne se fait remarquer par aucun trouble de la vision chromatique, le *type Nagel* se comporte comme un daltonisme bien caractérisé et ressemble dans une large mesure au *type Dalton* (cécité pour le rouge ou pour la première fondamentale de l'ancienne nomenclature).

On ne saurait donc considérer comme facteur principal du daltonisme la diminution de sensibilité relative pour des radiations déterminées.

Les types Nagel et Dalton, examinés dans les mêmes conditions, avec le même appareil, diffèrent l'un de l'autre par la localisation du maximum lumineux dans le spectre. Ce maximum, situé dans l'orangé pour le premier, est déplacé jusqu'au vert jaunâtre pour le second et se trouve entre les deux pour l'œil normal. Il en résulte différentes courbes de répartition de luminosité dans le spectre, caractéristiques pour chaque cas.

En laissant de côté les anomalies hypothétiques, telles que la cécité pour la troisième fondamentale (le violet) et en ne tenant compte que des réalités, il reste un quatrième type, celui de *Daubeney-Huddart* qui est une achromatopsie totale, c'est-à-dire une incapacité complète de différencier les couleurs par leur ton; le spectre ne présente plus que des différences de luminosité avec le maximum localisé dans le vert franc.

Un caractère important de la vision chromatique est fourni par l'étendue

des régions du spectre dans lesquelles la couleur ou plus exactement le ton ne varie pas et que l'on pourrait pour cette raison appeler *régions unitonales*. Dans la vision normale, il en existe deux, l'une s'étend de l'extrême rouge aux λλ 640$^{m\mu}$ et même 635, l'autre, de l'extrême violet aux 440 ou 445. Dans chacune de ces régions le ton est le même, la luminosité seule varie. *L'œil normal se comporte donc ici comme celui d'un daltonien, il ne voit aucune différence de ton entre des radiations physiquement très différentes;* ainsi dans la région rouge un écart de plus de 120$^{m\mu}$ dans la longueur d'onde ne produit aucun changement de ton. On peut s'en convaincre, en égalisant l'éclat de deux plages juxtaposées, éclairées par des radiations différentes, prises dans cette région.

Ce fait est d'autant plus significatif que, dans la partie moyenne du spectre, le ton change avec une rapidité extrême, une différence d'un millimicron peut déjà produire un effet appréciable.

Dans le type Rayleigh les limites des régions unitonales sont les mêmes que dans l'œil normal; dans le daltonisme ces régions s'étendent; dans l'achromatopsie totale, elles se fusionnent en une seule couvrant tout le spectre visible.

De ce qui précède, je crois pouvoir tirer les conclusions suivantes :

La théorie trichromatique ne s'accorde pas avec les faits. La vision normale des couleurs ne peut se réduire à trois couleurs fondamentales.

La terminologie actuelle dérivée de cette théorie doit être remplacée et l'orientation des recherches modifiée.

La vision des couleurs est caractérisée par deux facteurs physiologiques : la position du maximum lumineux dans le spectre et l'étendue des régions unitonales.

Dans les anomalies du sens chromatique le premier de ces facteurs seul ou tous les deux sont modifiés.

Le déplacement du maximum lumineux sans extension des régions unitonales caractérise l'anomalie du *type Rayleigh*.

Lorsque, avec le déplacement du maximum lumineux, il y a extension des régions unitonales, on observe le daltonisme du *type Nagel* si le déplacement est vers le rouge, et du *type Dalton* s'il est vers le violet.

Lorsque le déplacement vers le violet est encore plus accusé et que les deux régions unitonales se fusionnent en une seule, couvrant tout le spectre visible, on a une achromatopsie totale ou *type Daubeney-Huddard*.

MÉDECINE. — *Le traitement électrique des laryngites catarrhales chroniques.* Note (¹) de M. R. Grain, présentée par M. d'Arsonval.

Le but de l'ionisation iodée dans le traitement des laryngites catarrhales chroniques est de substituer à la méthode par inhalations, instillations ou cautérisations une méthode simple, d'activité constante, complètement inoffensive, sans toxicité ni réaction.

L'ionisation iodée du larynx présente comme avantages :

1° De transporter au sein même des tissus l'agent puissamment modificateur qu'est l'iode, à l'état ionique, donc pur, sans adultérations ni modifications physicochimiques d'aucune sorte.

2° De réaliser, pour une intensité, une dimension d'électrodes et une durée données, une imprégnation massive des tissus laryngés, sans aucun danger de réactions locales ou générales.

3° De fixer sur les cellules l'iode ionisé sous la forme d'une véritable combinaison organométalloïdique à dissociation extrêmement lente dont l'action modificatrice puissante et continue s'exerce au sein même des tissus. L'élimination de l'iode ainsi fixé ne commence en effet qu'au bout de la 17ᵉ ou 18ᵉ heure.

La faradisation associée à l'ionisation a pour but de réaliser en même temps un véritable massage passif des cordes vocales qui sont ainsi soumises à des alternatives de contractions et de décontractions plus ou moins rapprochées. La circulation périphérique et profonde est activée, favorisant la fixation de l'iode et accélérant la décongestion. Elle permet en outre la récupération de la contractilité musculaire constamment affaiblie par suite de la congestion de la muqueuse sus-jacente.

1° *L'appareillage* est constitué par un meuble galvano-faradique classique, alimenté par une source de courant rigoureusement continu, et muni des appareils de réglage et de mesure habituels : réducteur à fil fin, milliampèremètre à grandes divisions, combinateur de Watteville.

La bobine à induction du grand modèle donnant de 40 à 1200 interruptions-minute est indispensable.

Nous utilisons, de préférence à toute autre source, la pile de 45 volts pour l'alimentation du galvanique. Le débit de 10 milliampères maximum

---

(¹) Séance du 23 octobre 1933.

est suffisant; le courant est rigoureusement continu, la constance et le débit absolus.

2° *Les électrodes* en étain pur doivent être épaisses, bornes soudées au centre. L'électrode laryngée est rectangulaire de 75^{mm} sur 35^{mm}, l'indifférente, la plus large possible, circulaire de 50^{mm} de diamètre ou rectangulaire de 75^{mm} sur 40^{mm}. Convenablement cintrées, ces électrodes, tout en restant suffisamment malléables, sont indéformables, et répartissent uniformément la pression qu'elles reçoivent du lieu de fixation. La partie active est formée par des épaisseurs de coton d'au moins 1^{cm} à l'état humide et débordant l'électrode métallique d'au moins 1^{cm} pour éviter les brûlures résultant du contact de la peau et du métal.

L'électrode laryngée est imbibée d'une solution d'iodure de potassium à 2 pour 100 et reliée ou pôle —, l'électrode indifférente est imbibée d'eau tiède et reliée au pôle +.

3° Les électrodes sont fixées : la laryngée ou antérieure au-devant du larynx, la postérieure sur la nuque diamétralement opposée. Cette fixation est importante puisqu'elle assure le passage du courant à travers le larynx et par suite la pénétration certaine de l'iode ionisé et que, d'autre part, les contractions faradiques des cordes vocales se font obligatoirement dans leur sens de contractions physiologiques.

La fixation des électrodes est assurée par deux tours de bande velpeau, isolée des parties métalliques par interposition d'un morceau de tissu caoutchouté largement débordant. Sans cette précaution la bande s'imbiberait par capillarité et le courant suivrait le chemin le moins résistant sans traverser les tissus.

4° *Iono-Faradisation.* — Les électrodes mises en place et reliées à leur pôle respectif, graduer l'intensité du courant de manière à arriver le plus rapidement possible au maximum d'intensité : 5 millis chez l'enfant, 10 millis chez l'adulte. En cas de réaction trop vive de la peau, diminuer l'intensité et allonger la séance en proportion. Le passage du courant s'accompagne d'une sensation de striction légère et fugace, de picottement, de ptyalisme léger et d'un goût styptique très accusé.

Dès que l'intensité maximum est obtenue, associer la Faradisation qui doit se faire en trois temps de durée égale de 10 minutes.

1° Interruptions très lentes : 50 au plus par minute, bobine induite poussée jusqu'à contraction forte des muscles.

2° Interruptions moyennement rapides : 3-400 par minute, bobine poussée jusqu'à contraction légère, juste perceptible.

3° Maximum d'interruptions bobine poussée jusqu'à l'obtention d'une sensation de fourmillement sans contraction.

Après une demi-heure, arrêt par retour progressif à o.

Fréquence : tous les deux jours pour les 10 premières séances. Espacer les suivantes de 4 à 5 jours. Après 15 à 20 séances, laisser le malade au repos 15 à 20 jours.

Le seul écueil à éviter est la sursaturation iodée du larynx qui se traduit par le retour de la congestion et des troubles vocaux pouvant aller jusqu'à l'aphonie. En ce cas, un repos de 15 à 20 jours est indispensable pour permettre l'élimination de l'iode accumulé en excès.

Excepté cette éventualité l'ionisation iodée du larynx ne provoque jamais aucune réaction ni locale ni générale, même chez les organismes particulièrement sensibles à l'action de l'iode pris en ingestion.

Cette méthode, enfin, présente l'avantage de ne nécessiter aucune médication : inhalation, révulsion, attouchement. Leur suppression, en mettant le larynx au repos thérapeutique direct, ne peut qu'être favorable à l'évolution décongestive du larynx, qui, en fait, est remarquablement rapide et durable.

A 15^h35^m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16^h30^m.

É. P.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 6 NOVEMBRE 1933.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES RICHET.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

Après le dépouillement de la Correspondance, M. le **Président** s'exprime en ces termes :

Nous voici, aujourd'hui encore, saisis et comme terrassés, par une émotion profonde. La mort *imbécile* a frappé, en moins d'une semaine, trois hommes illustres, qui faisaient la gloire de notre Patrie et de l'Académie; trois grands savants pour qui nous avions tous affection et admiration.

On vous a déjà parlé de **Calmette** dont l'exceptionnel talent a par une découverte imprévue sauvé tant d'existences, de Calmette qui a osé s'attaquer avec succès au fléau le plus terrible de l'humanité, c'est-à-dire la tuberculose.

On vous a aussi parlé de **Painlevé**. Quel nom je prononce! aussi grand mathématicien que les plus grands, ce savant de génie, s'est montré un puissant homme d'État, et il a rendu à la Patrie d'aussi splendides services qu'à la Science. Hier tout un peuple attendri honorait ce grand mort.

Maintenant un autre deuil. Un autre coup nous frappe. **Émile Roux** vient de s'éteindre.

Je ne puis à présent, dans cette courte allocution, m'étendre comme il le faudrait, comme ce sera fait ici quelque jour, sur les travaux de notre inoubliable confrère.

Au lycée de Clermont il avait eu l'heureuse fortune de trouver, pour apprécier son zèle et son labeur d'adolescent, un professeur excellent, appelé, lui aussi, à une grande situation scientifique; je veux parler de

Duclaux. Duclaux eut l'idée, féconde entre toutes, d'adjoindre au laboratoire de Pasteur à l'École Normale, le jeune Roux qu'il avait eu comme élève au lycée de Clermont et qui était alors étudiant en médecine.

Donc Roux entra dans le laboratoire de Pasteur, et, tout de suite, il fut envahi et comme possédé par les idées grandioses du maître. De son côté, Pasteur se prit d'une affectueuse bienveillance pour un chercheur désintéressé, patient, ingénieux et laborieux comme était Roux.

A partir de 1876, il ne quitte plus Pasteur dont il devient le plus ardent disciple, de sorte que les recherches immortelles de Pasteur sur le charbon furent faites avec la collaboration de Roux et de Chamberland.

Ce n'est certainement pas diminuer la gloire de Roux que de dire que son nom est associé à celui de Pasteur dans une des plus grandes découvertes de ce siècle. En fait de mérites, quand on parle d'un collaborateur, on peut à juste titre rappeler le mot de Victor Hugo sur l'amour maternel :

Chacun en a sa part et tous l'ont tout entier.

Il s'agit surtout de la fameuse expérience de Pouilly-le-Fort sur la vaccination anticharbonneuse. Roux et Chamberland vinrent s'installer dans la campagne de Chartres, et Roux, dans l'article qu'il a écrit sur l'œuvre médicale de Pasteur, ne peut s'empêcher de dire quels bons souvenirs lui ont laissé cette lutte contre le charbon :

« Dès le grand matin, visite au parc des moutons épars sur ce vaste plateau de la Beauce resplendissant sous le soleil d'août; après midi tenue du cahier d'expériences, lettre à Pasteur, mise en train des expériences nouvelles. La journée était bien remplie et combien était intéressante et salutaire cette bactériologie en plein air. »

L'expérience de Pouilly-le-Fort justement célèbre établit deux faits de souveraine importance qui dominent toute la bactériologie actuelle : c'est d'abord qu'on peut atténuer la bactéridie charbonneuse et ensuite que cette bactéridie charbonneuse atténuée confère l'immunité. Cette expérience décisive (31 mai-2 juin 1881) établit donc ce grand fait dominateur qu'un bacille très virulent peut s'atténuer, et alors, étant atténué, qu'il peut conférer l'immunité (immunité active).

Une autre expérience aussi importante est due à Roux et à Yersin. En 1883, des bactériologistes allemands Klebs et Lœffler avaient découvert le bacille de la diphtérie. Des lapins, des pigeons, des cobayes meurent quand on leur injecte ce bacille, fait qui est d'une portée immense. Or ce n'est pas le bacille qui produit la mort, mais les toxines qu'il sécrète. Voilà ce que Roux et Yersin ont démontré. Chez les lapins, les cobayes et les

pigeons, l'injection du liquide où ont poussé les bacilles, privé de bacilles, mais riche en toxines, provoque exactement les mêmes symptômes mortels que lorsqu'on a injecté les bacilles eux-mêmes (immunisation passive). Ce sont les toxines des microbes et non les microbes qui font la maladie.

Un autre travail de Roux a donné à son nom une célébrité incomparable. Il s'agit de la sérothérapie antidiphtérique.

Behring et Kitasato, appliquant à la diphtérie un principe de physiologie pathologique que j'avais deux ans auparavant établi (sérothérapie d'immunisation) avaient montré qu'on peut guérir des cobayes injectés de diphtérie par des injections d'un sérum provenant d'animaux immunisés. Tout se passe comme si le sérum des animaux immunisés contenait une antitoxine qui neutralise la toxine diphtérique. Mais Roux a étendu énormément à la thérapeutique humaine ces données de la pathologie expérimentale. Il a pu, en effet, dans une communication retentissante faite à Budapest en septembre 1894, prouver : d'abord qu'on peut obtenir des quantités considérables de sérum immunisateur en immunisant des chevaux contre la diphtérie; ensuite que l'injection de quelques centimètres cubes de ce sérum protecteur guérit la plupart des cas de diphtérie. La mortalité par la diphtérie était de 50 pour 100 et après les injections de sérum faites à temps, elle n'est plus que de 10 pour 100.

On s'imagine difficilement l'enthousiasme universel que provoqua la communication de Roux. On proposa alors dans les journaux et notamment dans le *Figaro*, une souscription publique pour élever un édifice où serait préparé le sérum. On réunit rapidement des sommes importantes. Le service de sérothérapie de l'Institut Pasteur était fondé.

Est-il besoin de dire que ce qui avait été fait pour la diphtérie a été fait aussi par Roux et Vaillard pour le tétanos, et pour d'autres maladies encore?

De cette magnifique institution, qu'est l'Institut Pasteur, après Duclaux, Roux fut le directeur, et en habile et zélé administrateur il lui donna tous ses soins. Il présida à la fondation d'autres Instituts Pasteur en divers pays.

Il organisa merveilleusement la préparation des sérums, car la sérothérapie prenait chaque jour une extension de plus en plus grande. Il dirigea quantité de travaux mémorables entrepris par ses élèves, travaux qui, s'ils n'ont pas tous été signés par lui, ont été tous inspirés par lui, par son enseignement, par ses conseils ingénieux et judicieux.

On peut dire, sans crainte d'exagérer, que toute cette magnifique œuvre de l'Institut Pasteur est l'œuvre de Roux. Que ce soit avec Nocard, avec Metchnikoff, avec Vaillard, avec Borrel, la pensée et l'initiative de Roux sont toujours là.

Donc, mes chers Confrères, notre émotion à tous se comprend quand nous voyons ce noble bienfaiteur de l'humanité, enlevé à notre amicale et reconnaissante admiration.

Il était d'une simplicité charmante. Dans les conversations que nous avions avec lui, il déployait toutes les ressources d'un esprit vigoureux et clair. Son érudition était égale à son ingéniosité. Sur toute question de bactériologie, on pouvait sans craindre de se tromper s'en rapporter à lui.

Dès sa première jeunesse, il eut une santé fragile, ce qui ne l'empêchait pas d'être laborieux et presque infatigable dans son labeur. Il vivait comme un ascète, comme un moine laïque, fidèle à la science qu'il adorait et au maître immortel dont il était le plus brillant disciple.

Il a rendu autant de services à l'humanité qu'à la science. Toutes les mères dont les enfants ont été et seront sauvés de l'affreuse diphtérie conserveront le souvenir de cet homme généreux et pur. Il s'est oublié pour elles.

Et nous, mes chers amis, nous garderons à jamais la mémoire de cet illustre Confrère qui a jeté tant d'éclat sur notre chère Patrie.

Je lève la séance publique en signe de deuil.

M. **Émile Borel** transmet un télégramme de M. **Vito Volterra**, Associé étranger de l'Académie, exprimant ses condoléances à l'occasion de la mort de *Paul Painlevé*.

GÉOLOGIE. — *La géologie de la région au nord du Tchad.* Note (¹) de MM. **H. Douvillé** et **Tilho**.

Cette région a été parcourue par de nombreux explorateurs, Rohlfs (1866), Nachtigal (1870), Monteil (1892), Moll (1905), Freydenberg (1907); plus récemment à la suite de la mission Tilho (1906-1909), M. Garde en a donné une description géologique : il a montré que c'est une région de dunes de 30 à 40^m de hauteur, séparées par des cuvettes où affleurent des

(¹) Séance du 30 octobre 1933.

argiles sableuses et calcarifères, identiques aux dépôts du Tchad. Cette même disposition s'étend à l'Est vers l'Egueï et le Toro, où ces argiles présentent de même la faune du Tchad : *Planorbis Bridouxi*, *Physa* (*Isidora*) *tchadiensis*, *Limnea africana*, *Corbicula Audoini* ([1]). M. Garde a montré que ces dépôts représentent l'ancienne extension du lac et s'appuient sur des dunes mortes, fortement démolies par les pluies ; le régime dunaire s'est ensuite renouvelé à la suite de l'assèchement de la région et y subsiste encore.

Le soubassement géologique de ces formations n'est pas connu, mais au Nord, à partir du 15°30′, les cartes indiquent de nombreux affleurements rocheux, sur lesquels nous reviendrons et qui se prolongent au delà de Bilma. La découverte par Monteil. dans le voisinage de cette localité d'un Échinide fossile, *Noetlingia Monteili* dont le genre n'était connu que dans le Maëstrichtien du Bélouchistan, avait en 1901 attiré tout particulièrement l'attention des géologues ([2]), et à plusieurs reprises des indications avaient été données aux officiers patrouillant dans la région pour rechercher le gisement fossilifère signalé par Monteil à Zaou-Seghir (Kaou-Tilo). D'autres gisements de fossiles étaient indiqués plus au Sud sur la carte de de Launoy de Bissy, d'après l'exploration de Rohlfs.

Sur nos recommandations le commandant Rottier avait bien voulu faire des recherches aux environs de Bilma ; c'est ainsi qu'il a recueilli à 30^{km} au sud-ouest de cette localité sur le plateau gréseux qui s'élève à l'altitude d'environ 450^{m} (Bilma étant à l'altitude de 330^{m}), de nombreuses coquilles subfossiles de Corbicules, dans un dépôt de sables éoliens. Plus intéressantes auraient été d'autres récoltes faites au sud de Bilma dans la cuvette de Tenga-tenga (alt. 360^{m}) près du gisement de Zaou Seghir, elles ne nous sont malheureusement pas parvenues, mais plus récemment les officiers de la colonie du Niger nous ont fait parvenir par l'entremise du colonel Vignon une série de nodules calcaires recueillies dans la même localité. Ils renferment quelques fossiles à test conservé appartenant aux genres *Planorbis*, *Limnea*, *Isidora* ; c'est bien la faune du Tchad, mais c'est peut-être l'indication d'un lac distinct, situé à un niveau plus élevé ; le soubaissement géologique, masqué par les dépôts quaternaires, a échappé aux recherches.

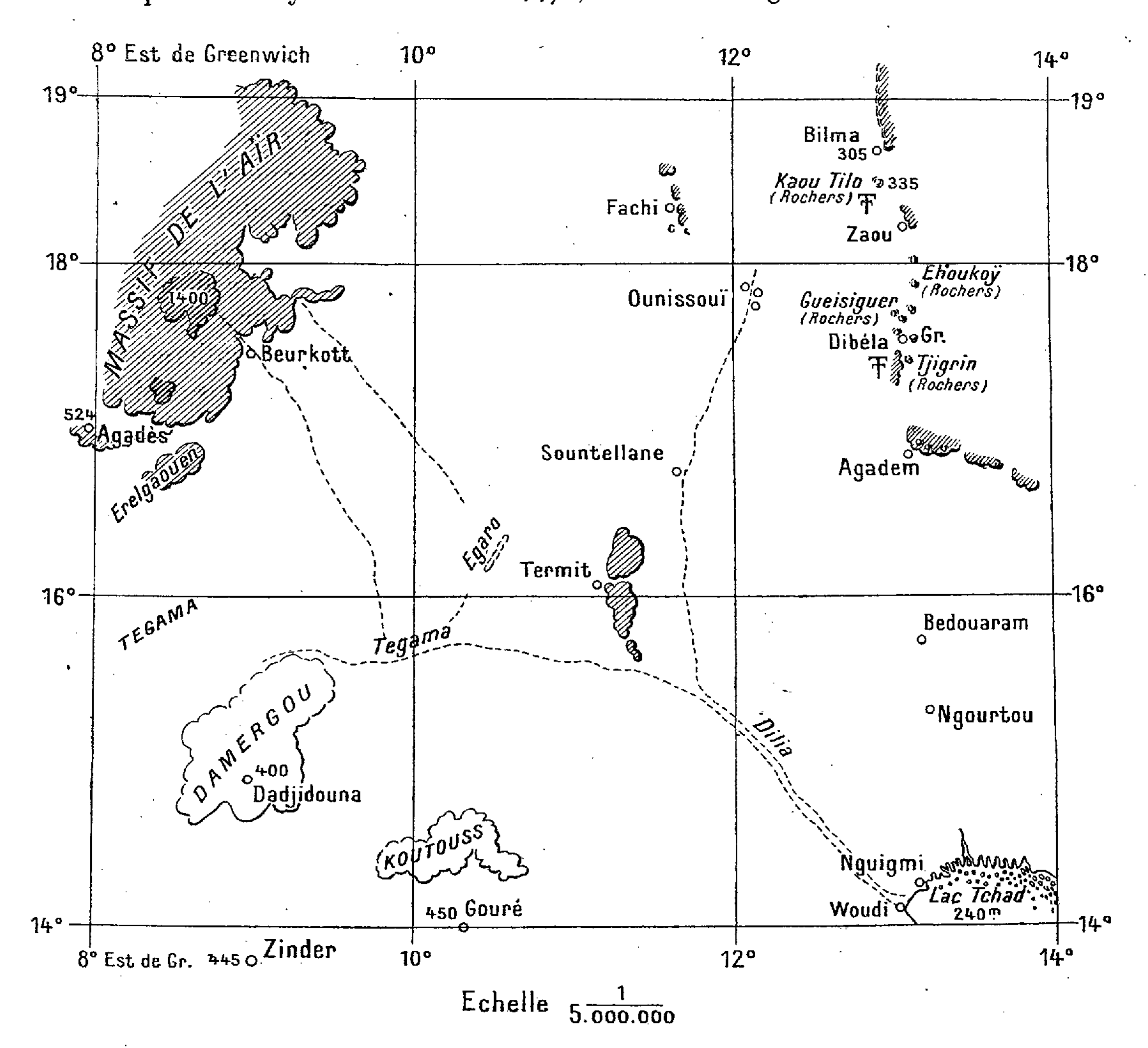
Revenons maintenant aux dépôts rocheux qui comme nous l'avons vu

---

([1]) Il semble intéressant de signaler qu'une faune analogue avec *Pyrgophysa* (*Isidora*), *Planorbis*, *Limnea*, etc., a été signalée au sud du Congo belge (POLINARD, *Afas* 1932 et *Ann. Soc. géol. de Belgique*, annexe au tome 55, 1933, p. 63).

([2]) A. DE LAPPARENT, *Comptes rendus*, 132, 1901, p. 388.

ont été signalés dans la région, c'est d'abord le plateau gréseux qui s'élève de 200^m environ autour de Bilma et de l'oasis du Kaouar; les grès ont été indiqués à Anay à l'altitude de 447^m, et Monteil signale à l'est de Bilma



une falaise d'une centaine de mètres; ces grès sont en couches horizontales, rappelant par tous leurs caractères la formation que Chudeau a signalé à l'Ouest sous le nom de grès de Tégama : « elle est constituée, dit-il, de couches horizontales de grès plus ou moins ferrugineux et de marnes et d'argiles violettes à silex; elle forme une haute plaine entre l'Aïr, Zinder et le Damergou et se prolonge à l'Est dans le Manga occidental, par l'Alokos

et le Koutous (c'est-à-dire vers le Tchad); c'est la même plaine et peut-être du même âge. »

On sait depuis longtemps que ces grès dans le Damerghou présentent à leur partie supérieure un niveau à Ammonites turoniennes; Furon [1] signale dans la région des fossiles cénomaniens et R. Lambert [2] y a recueilli *Amm. rothomagensis* du Cénomanien.

Les mêmes couches de grès sont également signalées dans la direction de Bilma, quelquefois recouvertes par une nappe de basalte. A Bilma même, Chudeau les considère comme crétacés; la formation du Tégama se prolongerait ainsi jusqu'au nord du Tchad, où la série se compléterait par les couches à *Nœtlingia* [3] comme l'a indiqué Furon.

Au sud de Bilma, Rohlfs a signalé des couches à Ammonites qui seraient à rapprocher de celles du Damerghou. Il est intéressant de citer en détail les observations de cet explorateur : « Après Mousketnou, un peu au sud de Bilma, on rencontre de grandes dunes de 30^{m} de hauteur; au delà, dit-il, le sol est riche en fossiles, et les *empreintes d'Ammonites sont très abondantes* dans la roche. » Or, nous sommes là précisément dans le Kaou Tilo, près du point où Monteil a trouvé son oursin fossile.

Plus au Sud Rohlfs indique une série de hauteurs (Aschtedanaberg, Etjakoïfelsen, etc.) où reparaissent les grès, ferrugineux et colorés en noir; on arrive ainsi à l'oasis de Dibbela, où pour la première fois, dit-il, il rencontre du granite, dans un massif rocheux important, le mont Gueisiger, formé de grès et de *calcaires avec nombreuses pétrifications;* ces couches avec les mêmes fossiles se prolongent jusqu'aux rochers de Tijgrin et il les signale dans une gangue vitreuse (vraisemblablement du silex?). C'est le deuxième gisement fossilifère, porté sur la carte de de Launoy de Bissy.

Plus au Sud nous savons, d'après Freydenberg, que les monts d'Agadem sont également formés de grès ferrugineux, puis de grès très argileux bariolés, analogues à ceux de Tégama, avec concrétions latéritiques et rognons de silex (calcédoine) associés à des roches basaltiques. Plus loin on retrouve dans la région de Béduaram les mêmes grès ferrugineux, argileux par places et les nappes de basaltes; nous arrivons ainsi à N'Gourtou aux derniers affleurements rocheux : « C'est, dit Freydenberg,

---

(1) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1033.

(2) *Ibid.*, 197, 1933, p. 489.

(3) Il faut ajouter que ces couches ont été citées en Tripolitaine par Checchia Rispoli (*Boll. r. off. Geologico*, 55, n° x, 1930, et 56, n° ix, 1931).

un grès argileux blanc avec mouches violacées d'oxyde de fer, assez semblable aux grès de Tegama ».

Toutes ces observations sont concordantes et montrent le large développement de cette formation gréseuse au nord du Tchad; elle se prolonge du reste plus à l'Est dans l'Egueï et le Toro, où Garde a signalé des affleurements de grès ferrugineux et des silex. Elle établirait la jonction avec les dépôts de la région du Niger et d'autre part elle semble bien se relier également aux couches crétacées de la Tripolitaine; c'est par là que les *Nötlingia* du Bélouchistan seraient arrivés jusqu'à Bilma. A cette époque la mer aurait ainsi couvert une grande partie du Soudan, faisant communiquer le golfe de Guinée avec la Méditerranée orientale et avec la Mésogée, communication qui aurait été interrompue plus tard par les grands mouvements tectoniques de l'Éocène.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Observations sur le vacuome des Cyanophycées.* Note de M. P.-A. Dangeard.

La structure des Cyanophycées ou algues bleues donne lieu depuis longtemps à des opinions différentes et nettement contradictoires : nous ne faisons état ici que des descriptions de Geitler, des résultats obtenus par Hollande et aussi des idées soutenues par toute une école qui considère encore le corps central de Butschli comme un noyau.

En présence de divergences aussi étendues, il nous a paru utile d'appliquer sommairement aux Cyanophycées les notions nouvelles introduites par nous dès 1916, en histologie végétale sur les propriétés du système vacuolaire.

Nous indiquions, en effet, à cette époque, comment le système vacuolaire des plantes se comportait avec un colorant vital : nous montrions la nature colloïdale de son contenu, la précipitation de celui-ci en corpuscules chromatiques sous l'influence des colorants vitaux et de divers fixateurs et enfin la façon dont cette formation se transmet d'une génération à la suivante. En 1918, nous faisions connaître en détail l'évolution complète de cette formation et, en 1919, nous lui appliquions le terme de *vacuome*, nom sous lequel de nombreux histologistes ont pu vérifier l'exactitude de nos résultats aussi bien chez les animaux que chez les végétaux.

On peut s'étonner, dans ces conditions, que la cellule des Cyanophycées

n'ait pas bénéficié davantage, en ce qui concerne l'interprétation des structures, du mouvement qui entraînait les cytologistes vers une étude générale du vacuome, dans les différents groupes, mouvement auquel nous n'avons pas cessé de participer activement ([1]).

Les observations que nous apportons ici, sans viser à être complètes, aideront sans doute les différents auteurs intéressés dans la question à modifier sensiblement leurs opinions, en vue d'une solution acceptable pour tous et conforme aux réalités.

Nous n'utiliserons guère, dans cette Note, que les constatations faites à l'aide des deux colorants vitaux les plus employés : rouge neutre et bleu de crésyl. Cette méthode, s'appliquant à des cellules ayant conservé leur vitalité, a une valeur propre en elle-même et permet une comparaison décisive entre les résultats qu'elle fournit et ceux qui résultent de l'emploi des fixateurs.

Nous distinguerons, dans les Cyanophycées qui font l'objet de cette étude du vacuome, quatre types principaux qui sont reliés les uns aux autres par de nombreuses transitions.

Le premier type, sensiblement le plus simple, a été rencontré chez un *Nostoc* vivant en culture dans un flacon d'eau douce au Laboratoire.

Chaque cellule du chapelet possède en son centre un gros corpuscule sphérique qui se colore, ordinairement de façon intense et homogène, par le rouge neutre : ce corpuscule se divise en deux, lors de la bipartition de la cellule; exceptionnellement, on trouve à sa place deux ou trois corpuscules qui se colorent de façon identique. Il s'agit, à n'en pas douter, d'une vacuole ou de plusieurs vacuoles chargées de métachromatine représentant un vacuome ordinaire, sans aucun lien de parenté avec un élément nucléaire.

D'autres fois, l'aspect est différent et pourrait surprendre tout histologiste peu familier avec les propriétés du vacuome : à l'intérieur de la vacuole, sous l'influence du colorant vital, la métachromatine précipite en corpuscules chromatiques ayant l'aspect de granulations, de bâtonnets, de réseau irrégulier, ce qui a donné lieu à l'idée de spirème ou de chromosomes distincts : en effet, ces éléments se colorent comme la chromatine nucléaire, avec les méthodes histologiques les plus employées.

Notons qu'à l'intérieur des hétérocystes, le rouge neutre met parfois en évidence un grand nombre de jolies petites vacuoles sphériques.

Le type de vacuome qui vient d'être décrit est certainement très répandu : jusqu'ici, nous ne l'avons étudié, avec tous ses caractères, que dans les *Nostoc* et le *Gloeotrichia Pisum*.

([1]) *Le Botaniste*, 21, 1929, p. 281; 22, 1928, p. 325; 24, 1932, p. 281.

Le second type de vacuome, nettement caractérisé, a été vu dans une espèce d'*Anabaena* qui se faisait remarquer par ses filaments cylindriques, constitués par des cellules ayant en moyenne 12^{μ} de longueur sur 8^{μ} de largeur; ces filaments étaient entourés d'une épaisse gaine.

Le rouge neutre faisait apparaître dans tous les articles de belles vacuoles sphériques colorées en rouge d'un diamètre de 2^{μ} environ, nettement délimitées et au nombre d'une dizaine ou davantage. Ces vacuoles étaient tantôt dispersées dans toute la cellule et tantôt disposées en cercle au voisinage immédiat de la paroi. La même structure existait dans les spores endogènes et les kystes.

Ces vacuoles correspondent certainement à ce que beaucoup d'auteurs qui les ont remarquées directement sur le vivant ont désigné, nous ne savons trop pourquoi, sous le nom de pseudo vacuoles : il s'agit certainement d'un vacuome normal.

Le comportement de ce vacuome, dans un examen prolongé, est intéressant à suivre, parce qu'il fournit l'explication de structures variées décrites par les auteurs ayant utilisé différents fixateurs.

Ces vacuoles, homogènes au début, se décolorent et abandonnent autour d'elles leur métachromatisme que l'on retrouve dans le cytoplasme à l'état de corpuscules métachromatiques de grosseur variable : la limite des vacuoles devenues incolores arrive à disparaître plus ou moins complètement.

Un stade de cette évolution doit retenir particulièrement l'attention : c'est celui où les vacuoles, d'abord homogènes et colorées en entier, précipitent leur métachromatine en un petit nodule chromatique, central ou latéral : la vacuole devenue incolore a tout à fait l'aspect, avec son nodule chromatique intérieur, d'un petit noyau nucléolé.

Le troisième type de vacuome nous sera fourni par une espèce de genre *Oscillatoria* ayant des articles plus ou moins isodiamétriques de 5^{μ} environ : on distingue, sur le vivant, une lacune centrale incolore, avec deux ou trois corpuscules réfringents.

La meilleure coloration dans cette espèce est obtenue avec le bleu de crésyl : toute la vacuole se colore en bleu, avec limite nette : à son intérieur, il se produit une précipitation d'endochromies à teinte plus foncée, affectant selon les cas la forme de granulations ou de réseau irrégulier.

Dans d'autres filaments, ces vacuoles se touchent d'une cellule à l'autre et ces filaments paraissent alors renfermer un cylindre bleu, interrompu seulement par les cloisons et rempli d'une poussière de sphérules chromatiques précipitées par le colorant vital.

Nos notes portent que sous l'influence du bleu de crésyl, le vacuome dans cette espèce d'*Oscillatoria* est admirable de netteté sous ses deux aspects principaux.

Le quatrième type de vacuome paraît être très fréquent sur les grandes espèces du genre *Lyngbia* : c'est là que nous l'avons rencontré avec quelques

variations sans grande importance : il n'est pas très différent du second type décrit plus haut dans un *Anabœna* : l'aspect particulier est dû surtout au fait que, dans les espèces examinées, les articles sont étroits avec une hauteur très grande.

Là encore, on arrive à colorer par le rouge neutre des vacuoles sphériques de $1^{\mu},5$ de diamètre, à contour net : elles sont ordinairement disposées en deux rangées parallèles au contact, dans des articles ayant seulement une largeur de 4^{μ} environ.

Ces vacuoles d'abord homogènes donnent lieu par précipitation de leur métachromatine à de nombreuses granulations chromatiques qui paraissent alors disposées sans ordre à l'intérieur de l'article.

Dans une autre espèce de *Lyngbia* où le rouge neutre ne colorait qu'une seule grande vacuole allongée centrale ou deux ou trois vacuoles superposées, la même précipitation de métachromatine donnait lieu à une poussière de corpuscules chromatiques de grosseur variable : l'axe du filament paraissait constitué presque en entier par ces granulations dont l'ensemble rappelait l'aspect vu chez les *Oscillatoria*.

Il ne faut pas confondre ces chromies dues à l'action des colorants vitaux avec d'autres sphérules réfringentes que l'on rencontre en plus ou moins grande quantité chez les Cyanophycées et qui font sans doute partie de l'*ergastome*, tel que nous le comprenons ou d'une autre formation cellulaire.

Mais l'exposé que nous donnons ici répond à d'autres préoccupations : il est destiné à fournir la preuve que chez les Cyanophycées, les propriétés du vacuome et son évolution ne sont pas différentes de celles que l'on observe dans la généralité des cellules végétales et des cellules animales.

Notre conclusion sera sans doute tout d'abord vivement combattue, en tant qu'elle s'oppose à la théorie classique d'une relation étroite de parenté entre le corpuscule central de Butschli et un noyau ordinaire et aussi à l'existence des plastes spéciaux désignés par L. Geitler, dans sa belle monographie des Cyanophycées sous le nom d'épiplastes, d'ectoplastes et d'endoplastes, sans parler des curieuses formations découvertes et décrites par Hollande tout à la fois chez les Bactériacées et les Cyanophycées.

CORRESPONDANCE.

M. **Thadée Banachiewicz**, Professeur de l'Université de Cracovie, adresse à l'Académie l'expression de ses condoléances à l'occasion du décès de M. *P. Painlevé*.

M. le **Secrétaire perpétuel** donne lecture des télégrammes suivants adressés à l'Académie :

Rabat, 31 octobre $10^h 17^m$.

L'Institut scientifique chérifien vous prie d'agréer ses très respectueuses condoléances pour la grande perte de la science française par la mort des professeurs Painlevé et Calmette. Vous serait reconnaissant de bien vouloir transmettre à leur famille notre profonde émotion.

Dr Liouville.

Shanghaï, 31 octobre $12^h 27^m$.

M. S. Tsai Yuen Pei, président de l'*Academia Sinica*, présente ses sincères condoléances à l'occasion de la perte cruelle en la personne de M. le Président Paul Painlevé. Prière de transmettre ses meilleurs vœux à la famille du célèbre défunt.

Cluj, 1er novembre $12^h 45^m$.

Profondément émue et attristée par la disparition de l'illustre maître Painlevé, la Section mathématique de l'Université de Cluj prie respectueusement d'agréer et de vouloir bien transmettre l'expression de notre profonde douleur. Samedi aura lieu une séance solennelle à l'Université de Cluj.

Abramescu, Anghelutza, Bratu, Jonescu, Sergescu.

Rabat, 4 novembre $14^h 43^m$.

L'Institut scientifique et son Directeur, douloureusement émus par la mort de votre illustre collègue, le docteur Roux, leur ami et leur patron vénéré, s'associent avec respect à votre deuil.

Dr Liouville et Collaborateurs.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Atlas des Colonies Françaises, Protectorats et Territoires sous mandat de la France*, publié sous la direction de G. Grandidier. *Afrique équatoriale française et Cameroun,* par G. Bruel.

2° *Carte géologique au* 1/8000000e *de l'Afrique*, par A. Katchevsky *avec la collaboration de* Jacques Boucart *pour le Sahara occidental.*

3° Territoire sous mandat français du Cameroun. *Contribution à l'étude générale des terres de surface*, par Franck Guichard. Premier fascicule : *Catalogue et Cartes des Sols.* Deuxième fascicule : *Concentration ionique, besoins en* CaO, *calcaire.* (Présenté par M. J. Costantin.)

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'application de la méthode des approximations successives de M. Picard à l'étude de certaines équations non linéaires du quatrième ordre.* Note [1] de M. A. **Rosenblatt.**

1. Envisageons l'équation différentielle du quatrième ordre à deux variables indépendantes

$$\Delta\Delta u = F(x, y, u, \ldots, u_{yy}), \tag{1}$$

où Δ est le laplacien et F est une fonction continue de x, y, de u et des dérivées jusqu'à l'ordre 2 dans le cercle K de rayon R et sur la circonférence C et lorsque u et ses dérivées satisfont aux inégalités

$$|u| \leqq L, \qquad |u_x|, |u_y| \leqq L', \qquad |u_{xx}|, |u_{xy}|, |u_{yy}| \leqq L''. \tag{2}$$

Nons supposerons, de plus, que F satisfait par rapport à $u, \ldots, u_{yy}$ à une condition *généralisée de Lipschitz*,

$$\begin{aligned} &|F(x, y, u, u_x, \ldots) - F(x, y, u', u'_x, \ldots)| \\ &\leqq \frac{A_1}{\delta^3}|u - u'| + \frac{A_2 R^{1-m}}{\delta^{3-m}}[|u_x - u'_x| + |u_y - u'_y|] \\ &+ \frac{A_3 R^{1-m}}{\delta^{2-m}}[|u_{xx} - u'_{xx}| + |u_{xy} - u'_{xy}| + |u_{yy} - u'_{yy}|], \end{aligned} \tag{3}$$

δ est ici la distance du point $M(x, y)$ du cercle K de sa circonférence C; A_1, A_2, A_3 sont des nombres positifs ainsi que m, et l'on a $0 < m < 1/2$. Quant à la dépendance de F des variables x, y, elle s'exprime par une condition de Hölder.

Formons alors la suite des approximations successives de M. Picard en suivant M. Boggio. Nous avons les formules

$$u_n = \frac{1}{8\pi}\int_K G_2(x, y; \xi, \eta)\, F[\xi, \eta, u_{n-1}(\xi, \eta), \ldots]\, d\xi\, d\eta \qquad (n = 1, 2, \ldots), \tag{4}$$

u_0 est une fonction arbitraire, dont les dérivées jusqu'au second ordre supposées continues dans K + C satisfont aux inégalités (2). G_2 est la fonction de Green de l'équation biharmonique donnée par Lauricella,

$$G_2 = \frac{1}{2}(r_1^2 - r^2) - r^2 \log\frac{r_1}{r}, \tag{5}$$

---

[1] Séance du 30 octobre 1933.

où $r = \mathrm{MP}$ est la distance du pôle $\mathrm{M}(x, y)$ et du point variable $\mathrm{P}(\xi, \eta)$, et où l'on a $r_1 = \mathrm{OM}.\mathrm{M'P}/\mathrm{R}$, M' image du point M.

Désignons par N le module maximum de F lorsque les arguments satisfont aux inégalités précédentes. La suite des u_i peut être formée certainement lorsque les inégalités

$$(6) \qquad \frac{\mathrm{NR}^4}{64} \leqq \mathrm{L}, \qquad 10\,\mathrm{NR}^3 \leqq \mathrm{L}', \qquad \frac{280}{3}\,\mathrm{NR}^2 \leqq \mathrm{L}''$$

sont remplies.

2. Formons maintenant les différences $v_n = u_n - u_{n-1}$ $(n = 2, 3, \ldots)$ et supposons les nombres positifs M, m, $0 < m < 1/2$ choisis de telle manière que l'on ait, dans K, l'inégalité

$$(7) \qquad |f(\xi, \eta)| = |\mathrm{F}[\xi, \eta, u_1(\xi, \eta), \ldots] - \mathrm{F}[\xi, \eta, u_2(\xi, \eta), \ldots]| \leqq \frac{\mathrm{M}}{\delta^{2+m}}.$$

On peut montrer que l'intégrale

$$(8) \qquad \mathrm{I} = \int_{\mathrm{K}} \mathrm{G}_2 \frac{d\xi\, d\eta}{\delta^{2+m}}$$

et ses dérivées par rapport x, y satisfont aux inégalités que voici :

$$(9) \qquad |\mathrm{I}| \leqq \mathrm{AM}\pi\mathrm{R}\delta^{1-m},$$
$$(10) \qquad |\mathrm{I}_x|, |\mathrm{I}_y| \leqq \mathrm{BM}\pi\mathrm{R}^m \delta^{1-2m},$$
$$(11) \qquad |\mathrm{I}_{xx}|, |\mathrm{I}_{xy}|, |\mathrm{I}_{yy}| \leqq \mathrm{CM}\pi\mathrm{R}^m \delta^{-2m},$$

où A, B, C sont des nombres positifs que l'on peut supposer égaux à

$$\frac{6}{1-m^2}, \quad 3 \times 2^5 \frac{1}{m(1-m)}, \quad 2^{3+m} \times 112 \frac{1}{m(1-m)}.$$

Supposons maintenant remplie l'inégalité

$$(12) \qquad \frac{\mathrm{R}}{8}(\mathrm{AA}_1 + 2\,\mathrm{BA}_2 + 3\,\mathrm{CA}_3) < 1,$$

et formons les séries

$$(13) \qquad \mathrm{S} = u_0 + v_1 + \ldots, \qquad \mathrm{S}_x = u_{0x} + v_{1x} + \ldots, \qquad \mathrm{S}_y = u_{0y} + v_{1y} + \ldots$$

et les séries semblables pour les dérivées secondes.

On montre que les séries (13) convergent absolument et uniformément dans K + C et les séries des dérivées secondes dans tout domaine fermé D intérieur à K. La somme S représente une fonction $u(x, y)$ qui s'annule avec sa dérivée normale sur C, la dérivée normale étant la limite des

dérivées du_n/dn. u satisfait à l'équation intégrale

$$(14) \qquad u = \frac{1}{8\pi}\int G_2\, d\xi\, d\eta\, F[\xi, \eta, u(\xi, \eta), \ldots],$$

où toutefois les dérivées $u_{xx}, \ldots, u_{yy}$ bornées dans K ne sont définies que dans K. u possède des dérivées continues jusqu'au quatrième ordre dans K et satisfait dans K à l'équation (1).

On pourrait généraliser la condition (3) et remplacer en particulier δ^3 par δ^4.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Groupes fonctionnels semi-gauches, incomplets.* Note [1] de M. N. **Saltykow**, présentée par M. Henri Villat.

Le groupe fonctionnel va être appelé *semi-gauche*, s'il admet, au moins, une paire des éléments en involution. Au cas contraire, le groupe considéré sera dit *gauche*.

Les propriétés de ces derniers groupes (gauches), concernant leurs fonctions distinguées, résultent exclusivement de la théorie des déterminants gauches symétriques. Les mêmes conclusions s'étendent, d'une manière analogue, sur les déterminants que l'on dira *semi-gauches* (ayant une ou plusieurs paires d'éléments, symétriques par rapport à la diagonale principale, qui sont nuls) et sur les groupes fonctionnels semi-gauches, et cela indépendamment de la théorie générale abstraite des groupes fonctionnels de S. Lie.

Enfin on appellera *incomplet* (n'importe qu'il soit gauche ou semi-gauche) le groupe fonctionnel, s'il n'engendre point un élément intégrable [2].

Les groupes semi-gauches interviennent dans le cas où l'on possède un groupe incomplet d'intégrales

$$(1) \qquad f_1, \quad f_2, \quad \ldots, \quad f_r$$

du système complet linéaire aux dérivées partielles du premier ordre à une

---

[1] Séance du 23 octobre 1933.

[2] N. Saltykow, *Méthodes modernes d'intégration des équations aux dérivées partielles du premier ordre à une fonction inconnue.* Paris, Gauthier-Villars, 1934, Chap. I (*Mémorial des Sciences mathématiques*).

fonction inconnue $f(x_1, x_2, \ldots, x_n; p_1, p_2, \ldots, p_n)$, à savoir

$$(F_i, f) = 0 \qquad (i = 1, 2, \ldots, m), \tag{2}$$

les parenthèses étant celles de Poisson, et les F_i désignant des fonctions de variables x et p.

En effet, S. Lie propose d'adjoindre, dans le cas considéré, au système (2) les équations

$$(f_j, f) = 0 \qquad (j = 1, 2, \ldots, r) \tag{3}$$

pour pouvoir compléter le groupe (1) par de nouvelles intégrales du système composé (2) et (3).

Il est important, du point de vue historique, de constater que J. Bertrand avait inauguré, 20 ans avant S. Lie, la théorie des groupes fonctionnels [1]. En généralisant ses idées ainsi que celles de E. Bour [2], on va esquisser, ici, une théorie des groupes fonctionnels semi-gauches. Elle déroule immédiatement de la méthode d'intégration de Korkine-Lindelöf [3] sous la forme qui suit :

THÉORÈME I. — *Désignons les invariants du groupe* (1), *c'est-à-dire le système complet des intégrales du système* (3), *par* $v_1, v_2, \ldots, v_{2n-r}$ [*groupe réciproque de* (1)]. *En les introduisant comme nouvelles variables au lieu de* $2n$ *anciennes, le système* (2) *transformé devient*

$$\sum_{s=1}^{2n-r} A_{is} \frac{\partial \varphi}{\partial v_s} = 0 \qquad (i = 1, 2, \ldots, m), \tag{4}$$

φ *désignant l'expression de la fonction inconnue* f *en nouvelles variables, où l'on a posé*

$$A_{is} \equiv (F_i, v_s) \equiv \sum_{\sigma=1}^{2n-r} \frac{\partial \Psi_i}{\partial v_\sigma} (v_\sigma, v_s) \qquad (i = 1, 2, \ldots, m;\ s = 1, 2, \ldots, 2n - r),$$

les fonctions Ψ_i *et les coefficients* A_{is} *étant indépendants des anciennes variables.*

THÉORÈME II. — *Supposons que le groupe fonctionnel* (1) *admette* μ *fonc-*

---

(1) *Journal de Liouville*, **17**, 1852, p. 393.

(2) *Mémoires des Savants étrangers*, **14**, 1856, p. 808.

(3) N. SALTYKOW, *Méthodes classiques d'intégration des équations aux dérivées partielles du premier ordre*, Chap. II, n° 7 (*Mémorial des Sciences mathématiques*, Paris, Gauthier-Villars, 1931).

tions distinguées $\Phi_1, \Phi_2, \ldots, \Phi_\mu$, $\mu \equiv r - 2\rho$, *et qu'il existe, parmi les m fonctions* F_i, *l fonctions* $F_1, F_2, \ldots, F_l$ *en involution avec toutes les fonctions* F_i *du système transformé;* (4) *prend alors la forme qui suit*

$$\sum_{s=1}^{2n'-l} A_{is} \frac{\partial \varphi}{\partial v_s} = 0 \qquad (i = 1, 2, \ldots, m;\ n' \equiv n - \mu - \rho),$$

$$A_{is} \equiv \sum_{\sigma=1}^{2n'-l} \frac{\partial \Psi_i}{\partial v_\sigma}(v_\sigma, v_s) + \sum_{j=1}^{l} \frac{\partial \Psi_i}{\partial F_j}(F_j, v_s) \qquad (i = 1, 2, \ldots, m;\ s = 1, 2, \ldots, 2n' - l),$$

les fonctions $F_1, F_2, \ldots, F_l, \Phi_1, \Phi_2, \ldots, \Phi_\mu$ *figurant dans les formules à titre de paramètres constants.*

Théorème généralisé de Bour. — *Considérons m équations* (2) *en involution. Supposons que l'on connaisse un groupe canonique de* $2k$ *invariants* ($2k \leqq 2n - r$),

$$(5) \qquad \begin{cases} \varphi_1, & \varphi_2, & \ldots, & \varphi_k, \\ \psi_1, & \psi_2, & \ldots, & \psi_k, \end{cases}$$

c'est-à-dire vérifiant les conditions que chaque invariant est conjugué avec celui qui se trouve dans la même colonne du tableau (5), *et est en involution avec tous les autres.*

Si, de plus, les quantités F_i *peuvent s'exprimer au moyen des fonctions* (5) *seulement, le système* (2) *transformé prend, de nouveau, la forme d'un système de Jacobi.*

La transformation considérée représente donc un cas particulier des transformations de contact *restreintes* ([1]).

ASTROPHYSIQUE. — *A propos d'une explication des vitesses d'éloignement des nébuleuses.* Note de M. **André Machiels**, présentée par M. Ch. Fabry.

En vue d'interpréter la prédominance des déplacements vers le rouge des raies spectrales des nébuleuses, Heber D. Curtis ([2]) fait usage d'une formule modifiée de l'effet Doppler-Fizeau, dont il attribue la paternité à

([1]) N. Saltykow, *Sur la théorie des équations aux dérivées partielles du premier ordre d'une seule fonction inconnue,* Chap. XII, p. 163 (Paris, Gauthier-Villars; Bruxelles, Lamertin, 1925).

([2]) *Handbuch der Astrophysik. Das Sternsystem,* Berlin, 1933, p. 932.

Moëssard (¹) et à Drude (²). En réalité, il s'agit de la formule connue, réputée la plus générale jusqu'en 1905,

$$\frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{c+v}{c-u},$$

où v et u sont les *composantes radiales* des vitesses *absolues* de la source et de l'observateur par rapport à l'éther fixe, comptées positivement dans le sens de l'éloignement (voir Traités d'Optique et de Spectroscopie antérieurs à la relativité, notamment E. C. C. Baly, *Spectroscopy*, Londres, 1905, p. 536).

Mais Curtis considère, dans cette formule, v comme la vitesse *radiale* de la source par rapport à l'observateur, et u comme la vitesse *totale* de l'observateur par rapport au milieu, donnant ainsi à cette dernière lettre une signification purement arbitraire.

Une telle interprétation n'est d'ailleurs imputable ni à Moëssard ni à Drude. Le premier de ces auteurs avait cru devoir souligner, conformément aux idées de l'époque, la nécessité de considérer les vitesses absolues par rapport à l'éther fixe; mais il présentait explicitement la formule en question comme correspondant au cas où « les deux astres se meuvent suivant la ligne qui les joint ». Quant à Drude, cité par Curtis d'après la traduction anglaise, peut-être offre-t-il quelque ambiguïté dans ce texte (²), mais si l'on se reporte à l'édition allemande (³), on peut se convaincre, à la lumière de la construction même des phrases dans cette langue, que l'auteur a voulu distinguer entre vitesse *absolue* et vitesse *relative*, et non entre vitesse *totale* et vitesse *radiale*.

Par ailleurs, des perfectionnements de détail ont été proposés pour la formule ci-dessus, au temps où l'existence de l'éther fixe n'était pas mise en doute; mais seule la relativité devait révéler la possibilité d'un déplacement des raies *vers le rouge*, à la vérité du *second ordre*, dû à la composante *transversale* de la vitesse relative.

Se croyant néanmoins autorisé à user d'une expression de l'effet Doppler-Fizeau où la vitesse totale de l'observateur entrerait *au même ordre* que les vitesses radiales des diverses sources et viendrait allonger systématiquement

---

(¹) *Comptes rendus*, 184, 1892, p. 1471.

(²) *Optics*, ... 1902, Note 473 : « ... in which u is the absolute velocity of B, v that of A in the direction of the say, and c ... ».

(³) *Lehrbuch der Optik*, Leipzig, 1900, Note p. 435 : « ... wobei u die absolute Geschwindigkeit von B, v die von A (in Richtung der Lichtstrahlen) ist und c ... ».

les longueurs d'onde apparentes de celles-ci, Curtis applique cette idée à un univers du type de Charlier : il suffit que notre galaxie G1 soit animée d'une vitesse totale d'environ 800 km/sec par rapport aux galaxies les plus proches qui constitueraient notre amas local de galaxies G2, pour que les vitesses résiduelles de ces dernières ne présentent plus de prédominance dans le sens de l'éloignement; de même, en attribuant à notre amas local G2 une vitesse totale d'environ 6000 km/sec par rapport à l'ensemble des autres amas G2 constituant l'amas G3, non seulement la prédominance des vitesses d'éloignement disparaît, mais aussi la proportionnalité de ces vitesses aux distances; enfin, même l'apex de chacun de ces mouvements totaux se trouve déterminé.

Malheureusement, tous ces résultats s'évanouissent si l'on applique les formules correctement, aussi bien dans l'hypothèse de l'éther fixe que dans le cadre de la relativité.

Dans le premier cas, u est une composante radiale comme v, variant suivant la direction de chaque nébuleuse, donc incapable de produire aucun effet systématique.

Dans le second cas, la formule d'Einstein

$$\frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{c + v \cos\varphi}{\sqrt{c^2 - v^2}}$$

contient bien la vitesse *totale* v, mais celle-ci intervient au second ordre en v/c, donnant, par rapport à la formule classique, des écarts trop faibles pour qu'ils puissent jouer le rôle que leur prête Curtis, ni pour les vitesses considérées par cet auteur, ni même pour les vitesses les plus élevées actuellement connues. Ainsi :

Pour $v =$	800 km/sec,	l'écart entre les deux formules est	+ 3 km/sec
» $=$	6000 »	»	+ 60 »
» $=$	20000 »	»	+ 700 »

nombres qui expriment dans quelle mesure la grandeur purement scalaire de la vitesse relative pourrait affecter l'effet Doppler-Fizeau en augmentant systématiquement le déplacement des raies vers le rouge.

On voit que les vitesses radiales observées ne sont pas modifiées sensiblement et que, en tout cas, leur sens ne saurait être inversé de ce fait.

POLARIMÉTRIE. — *Mesures photoélectriques de dispersion rotatoire magnétique dans l'ultraviolet.* Note de MM. **G. Bruhat** et **A. Guinier**, présentée par M. A. Cotton.

Nous avons décrit récemment un spectropolarimètre photoélectrique ([1]), qui permet de pointer l'orientation d'une vibration rectiligne ultraviolette, avec une précision de l'ordre de la minute ou de la demi-minute, et de reproduire les longueurs d'onde utilisées avec une fidélité suffisante pour n'avoir pas à craindre de ce chef d'erreurs relatives supérieures à 1/1500 sur les rotations.

Dispersion rotatoire magnétique de l'eau. — Nous avons mesuré les rapports de dispersion $m = \rho_\lambda/\rho_{4358}$ en mesurant les rotations produites dans le même tube par la radiation de longueur d'onde λ et par la radiation de base $\lambda = 4358$ pour une même valeur du champ magnétique. Pendant toutes nos mesures, nous avons maintenu la température entre 16 et 17°, par l'emploi d'un tube polarimétrique à double enveloppe, le manchon étant parcouru par un courant d'eau.

Le champ magnétique était produit par une bobine, établissant, entre les deux extrémités du tube de 40^{cm} que nous employions, une différence de potentiel magnétique $Hl = 35000$ C. G. S., de sorte que les rotations ont varié de 7°,68 pour la raie D à 63°,36 pour la raie $\lambda = 2482$ A. Le courant était contrôlé par un dispositif potentiométrique; le procédé de mesure, que nous décrirons dans un autre Recueil, permettait de déterminer à 1/2000 près le courant I pour lequel la rotation avait une valeur α' donnée, et d'en déduire avec la même précision la rotation α qui correspond à un courant fixe I_0 dans la bobine.

Nous donnons dans le tableau ci-après les valeurs $m_{obs.}$ obtenues pour les rapports de dispersion m : ces valeurs sont généralement comprises entre les valeurs données précédemment par Landau et par Richardson ([2]), et sont inférieures d'environ 2 pour 100 aux valeurs, pourtant plus récentes, données par Stephens et Evans. Le tableau donne également les

(1) G. Bruhat et A. Guinier, *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 762; *Rev. d'Opt.*, **12**, 1933, p. 396.

(2) Landau, *Phys. Zeits.*, **9**, 1908, p. 417; Richardson, *Phil. Mag.*, **31**, 1916, p. 232; Stephens et Evans, *Phil. Mag.*, **31**, 1916, p. 232.

valeurs $m_{calc.}$ calculées par la formule de dispersion :

$$m_{calc.} = \frac{1}{n}\left[\frac{0,0671}{\lambda^2} + \frac{0,15572\lambda^2}{(\lambda^2 - \overline{0,1296}^2)}\right].$$

λ.	$m_{obs.}$	$m_{calc.}$	λ.	$m_{obs.}$	$m_{calc.}$
5893....	0,5160 (1)	0,5164	3130....	2,214	2,213
5461....	0,6075 (1)	0,6079	3023....	2,425	2,424
4358....	1	1	2804....	2,974	2,972
4054....	1,180	1,179	2652....	3,488	3,485
3655....	1,504	1,505	2540....	3,963	3,964
3341....	1,872	1,874	2482....	4,258	4,256

Les différences relatives $(m_{obs.} - m_{calc.})/m_{obs.}$ ne présentent pas de marche systématique et ne dépassent pas le millième; les différentes séries de mesures que nous avons faites, et dont nous ne donnons ici que la moyenne, concordent aussi toujours au millième. Nous pouvons donc affirmer que nos résultats sont exacts à un millième près.

Dispersion rotatoire de quelques carbures aliphatiques linéaires. — Nous avons étudié les trois carbures linéaires de même rang : heptane, heptène et heptine. Dans le spectre visible, nous avons déterminé visuellement leurs rotations magnétiques avec un analyseur de Lippich par comparaison avec l'eau. Nous donnons dans le tableau ci-dessous les valeurs de la constante de Verdet pour la raie jaune du mercure, calculées en admettant pour l'eau $\rho = 0,0135$ minute/gauss-cm, ainsi que les valeurs correspondantes des pouvoirs rotatoires moléculaires $[\rho]_M$ à l'état liquide et des pouvoirs rotatoires moléculaires $[\rho]_G$ à l'état gazeux, ces derniers étant calculés en divisant les premiers par $(n^2+2)^2/9n$.

Heptane..............	$\rho = 1,28.10^{-2}$	$[\rho]_M = 1,87$	$[\rho]_G = 1,52$
Heptène..............	$\rho = 1,47.10^{-2}$	$[\rho]_M = 2,07$	$[\rho]_G = 1,66$
Heptine..............	$\rho = 1,56.10^{-2}$	$[\rho]_M = 2,03$	$[\rho]_G = 1,62$

La valeur $[\rho]_G = 1,52$ trouvée pour l'heptane est en bon accord avec la valeur 1,54 calculée d'après les rotations atomiques données par Gabiano (2); les valeurs trouvées pour les deux autres carbures donnent comme rotations de la liaison éthylénique et de la liaison acétylénique les valeurs 27 et 35.10^{-2}, un peu inférieures aux valeurs 31 et 45.10^{-2}, déduites par Gabiano de ses mesures sur l'éthylène et l'acétylène.

---

(1) Mesures visuelles.

(2) Gabiano, *Annales de Physique*, 10e série, 20, 1933, p. 69.

Les mesures ont été faites avec le polarimètre photoélectrique jusqu'à 2804 Å, cette dernière raie ayant pu être atteinte par l'emploi d'une cuve de 12^{mm} dans le champ d'un électro-aimant Weiss. La précision dépend des épaisseurs qui ont pu être employées; les rapports de dispersion $m = \alpha_\lambda/\alpha_{4358}$ sont déterminés avec une erreur maximum de l'ordre de 1/500 pour l'heptine, 1/300 pour l'heptane, 1/200 pour l'heptène. Voici les valeurs obtenues :

λ.	5893.	5461.	4358.	4054.	3655.	3341.	3130.	3023.	2804.
Heptane....	0,5216	0,6115	1	1,174	1,496	1,846	2,173	2,373	2,878
Heptène....	0,5115	0,6026	1	1,189	1,519	1,906	2,253	2,461	3,057
Heptine....	0,5114	0,6024	1	1,182	1,514	1,894	2,253	2,462	3,020

Ces nombres sont bien représentés, avec une précision correspondant à celle des mesures, par des formules à un seul terme, du type $m = A\lambda^2/n(\lambda^2 - \lambda_2^0)^2$, les valeurs de λ_0 étant :

Heptane... 0$^\mu$,1075 Heptène... 0$^\mu$,1227 Heptine... 0$^\mu$,1211

La comparaison de ces trois valeurs de λ_0, aussi bien que celle des nombres du tableau précédent, montrent que les trois carbures se rangent, au point de vue de leurs dispersions, dans le même ordre qu'au point de vue de leur pouvoir rotatoire moléculaire. L'heptène est un peu plus dispersif que l'heptine, et tous deux sont nettement plus dispersifs que l'heptane. On remarquera que les deux premiers carbures ont des dispersions indiscernables dans le spectre visible; ce n'est que par la réalisation de mesures précises dans l'ultraviolet que nous avons pu mettre en évidence la différence de leurs dispersions.

PHOSPHORESCENCE. — *Sur la théorie du phosphorogène.*
Note (¹) de M. **A. A. Guntz**, présentée par M. G. Urbain.

On admet que la phosphorescence de certains solides, comme les sulfures, oxydes et sels, est toujours liée à la présence d'une trace de métal étranger, dit phosphorogène, dilué dans le composé.

L'expérience ayant montré que la phosphorescence diminue fortement ou cesse même quand, d'une part, le composé est aussi pur que possible et quand, d'autre part, il contient des quantités croissantes de l'élément

---

(¹) Séance du 23 octobre 1933.

étranger, il y a nécessairement un optimun de concentration (loi d'Urbain). Il arrive cependant que la concentration optima soit si faible (10^{-4} à 10^{-6}) et la caractérisation analytique si difficile, que l'existence même et, *a fortiori*, la concentration optima du phosphorogène puisse, dans certains cas, avoir été ou être encore méconnue.

Ce fut le cas il y a dix ans du sulfure de zinc à phosphorescence verte attribuable au cuivre (¹) et plus récemment du silicate de zinc (nickel et cuivre) (²). La concentration optima n'a pas en outre une valeur fixe immuable, elle dépend non seulement du couple étudié par exemple Zn S, cuivre, mais aussi des méthodes d'excitation et d'observation de luminescence et surtout des multiples facteurs de la préparation. Température, sels fusibles, trempe, recuit, etc. (³).

Ces derniers résultats peuvent se déduire de la théorie de la dose active (⁴). D'après nous, le métal phosphorogène entre en combinaison dans le composé diluant et plusieurs états chimiques ou physiques, de photosensibilités diverses, sont possibles pour lui. Leurs proportions relatives, et la luminosité résultante, dépendent pour beaucoup des conditions de la préparation où interviennent trop de facteurs. La concentration en phosphorogène ne suffit donc pas à caractériser le *corps phosphorescent*.

Il en est de même pour un acier où la dose de carbone, son état physico-chimique et celui du fer (diluant) sont des caractères essentiels.

Cette analogie simple permet de saisir les difficultés auxquelles on se heurtera dans l'obtention d'un produit défini et dans l'interprétation correcte de résultats observés. En particulier, la température, facteur important, mais non exclusif, peut modifier la concentration optima du phosphorogène; l'augmenter ou la diminuer selon les cas.

Ainsi Coustal (⁵), en employant la méthode usuelle de préparation de Zn S.Cu, c'est-à-dire calcination du Zn S précipité par voie humide, a obtenu les valeurs suivantes de la concentration optima de cuivre pour diverses températures de cuisson : A 800°, dose 10^{-4}; à 1200°, dose 7.10^{-5}; à 1400°, dose 3.10^{-5}; à 2000°, dose 10^{-5}.

Ces chiffres mettent en évidence une diminution sensible avec la tempé-

---

(¹) Tomaschek, *Ann. der Phys.*, **189**, 1931, p. 65; A. A. Guntz, *Comptes rendus*, **174**, 1922, p. 1356.

(²) Karl, *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 1743.

(³) A. A. Guntz, *Conf. Bull. Soc. chim. France*, **39**, 1926, p. 953.

(⁴) A. A. Guntz, *Congrès Avanc. Sciences*, Alger, 1930, p. 83.

(⁵) R. Coustal, *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1306.

rature, mais ne permettent pas de l'ériger en règle générale ni d'admettre par extrapolation que la valeur optima tombe à zéro pour des températures plus élevées, à 3000° par exemple ([1]).

Une concentration réduite au 1/10e de la dernière valeur expérimentale 10^{-5} tout en représentant déjà une extrapolation notable ne compromet nullement la théorie du phosphorogène et la loi de l'optimum. Des teneurs analogues 10^{-6} se montrent en effet très actives dans le cas similaire de l'extinction de la phosphorescence par certains métaux ([1]) et dans bien d'autres domaines (catalyse, biochimie, etc.).

Il n'en est pas de même d'une même valeur zéro qui met en cause le principe du phosphorogène, élément constitutif d'une molécule photosensible incluse dans le diluant. Le rôle du phosphorogène se réduirait alors à celui d'un catalyseur créant un état photosensible du composé, état réalisable sans lui dans certaines conditions.

Coustal a cherché à confirmer son extrapolation à zéro à l'aide des résultats obtenus en préparant directement ZnS par union des éléments Zn et S ([2]). Coustal et Prévet ([3]) ont réussi à vaincre les difficultés inhérentes à ce procédé explosif et à obtenir, les premiers, du sulfure de zinc phosphorescent par cette méthode. A cet effet :

« On utilise le zinc et soufre en poudre impalpable et spectroscopiquement purs avec, facultativement, adjonction d'anhydride borique à titre de fondant, mais sans qu'aucune trace de phosphorogène ne soit nécessaire. La température de la réaction dépasse 3000° et c'est sans doute la raison pour laquelle le phosphorogène devient inutile. »

La température est évaluée à 3000° par le calcul. Ce chiffre élevé pourrait être discuté car l'état de dissociation du système gazeux à 3000° est incertain, mais même en prenant ce chiffre on ne peut en conclure que le sulfure de zinc ait été porté à cette température.

Le sulfure de zinc est assez volatil; sublimable dès la température de 1200° il n'a pu être fondu que sous pression de 100 atmosphères à 1850° par Tiède et Schleede ([4]) et sous 160 atmosphères vers 2000° par Coustal ([5]).

Au cours de la réaction explosive de Zn + S la phase solide ne se for-

---

([1]) R. Coustal, *Thèse*, Paris, 1931.

([2]) Schwarz, *Berichte d. chem. Ges.*, **15**, 1882, p. 2505.

([3]) Prevet, *Thèse*, Paris, 1931.

([4]) *Berichte d. chem. Ges.*, **53**, 1920, p. 1717.

([5]) Coustal, *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1306.

mera qu'au refroidissement et quoique mal déterminé il est plausible de fixer aux environs de 1500° le point de condensation du système. Cette température de formation du solide cristallisé est donc la température maxima à laquelle puisse être porté le sulfure de zinc dans la méthode par explosion sous la pression ordinaire.

Il est donc difficile, sans intervention d'autres facteurs que la température, de lier les résultats de la méthode par explosion sans phosphorogène, avec ceux de la méthode habituelle de cuisson avec phosphorogène (1).

DIFFUSION MOLÉCULAIRE. — *La diffusion de la lumière et les rotations des molécules dans les liquides.* Note de M. **A. Rousset**, présentée par M. Ch. Fabry.

Si l'on éclaire un liquide par un faisceau de lumière naturelle monochromatique et qu'on analyse le faisceau diffusé à angle droit, on trouve de part et d'autre de la raie fondamentale un fond continu où se superposent la diffusion qui est produite par les fluctuations d'orientation des molécules anisotropes et celle qui est produite par les fluctuations du champ moléculaire (2). Cette dernière diffusion est négligeable lorsqu'on étudie la répartition des intensités *au voisinage* de la raie fondamentale ou qu'on mesure les intensités relatives du fond et de la raie; il reste alors la lumière provenant des fluctuations d'orientation répartie sur la raie non changée Q, et sur les deux ailes P et R.

Raman et Bhagavantam (3), Venkateswaran (4) et Ranganadham (5) ont déterminé les intensités relatives des trois branches en mesurant le facteur de dépolarisation ρ « *en fente fine et en fente large* » (6). *Dans le tra-*

(1) *Loc. cit.*

(2) J. Cabannes et Y. Rocard, *Journal de Physique,* 10, 1929, p. 52; A. Rousset, *Journal de Physique*, 3, 1932, p. 555.

(3) C.-V. Raman et S. Bhagavantam, *Indian Journal of Physics,* 6, 1931, p. 363.

(4) Venkateswaran, *Philosophical Magazine*, 14, 1932, p. 258.

(5) S. P. Ranganadham, *Indian Journal of Physics*, 7, 1932, p. 353.

(6) D'après ces auteurs, l'intensité des branches P et R serait la moitié de celle prévue par les théories classique et quantique, la branche Q étant accrue d'autant; ils ont interprété leurs résultats comme une preuve expérimentale de l'existence d'un spin du photon. Kastler a montré (*Journal de Physique*, 4, 1933, p. 406) que, dans l'hypothèse du « spinning photon », les règles de sélection pour les raies de rotation ne sont pas modifiées et que les expériences des auteurs hindous ne prouvent rien pour ou contre l'existence d'un spin.

vail actuel, nous avons suivi la variation de ρ en fonction de la largeur de la fente du spectrographe, ce qui nous a permis de déterminer non seulement les intensités relatives des trois branches mais encore la répartition des intensités dans les tranches P *et* R.

Les distances focales du collimateur et de l'objectif de notre spectrographe sont respectivement égales à 67 et 47^{cm}, sa dispersion est de 20 Å par millimètre dans la région 4358 Å (1 Å couvre 50 μ). Avec une fente de largeur s, l'éclairement au centre du spectre est dû, non seulement à la branche Q, mais encore à toutes les radiations des branches P et R dont la longueur d'onde diffère de la longueur d'onde λ de la raie excitatrice, de moins de Δλ, Δλ étant égal à $1/50 . 47/67 . s/2$ ou encore $s/140$ (s en μ, Δλ en Å). Si ρ est le facteur de dépolarisation mesuré au centre du spectre et ρ_0 celui de la branche Q, on a

$$\rho = \frac{1 + k\dfrac{2A}{i_0}}{\dfrac{1}{\rho_0} + \dfrac{7}{6}k\dfrac{2A}{i_0}} \qquad (1)$$

(2A, intensité totale des branches P et R dans i; i_0, intensité de la branche Q dans i; $2kA$ est, dans i, la fraction du fond continu comprise entre les longueurs d'ondes $\lambda - s/140$ et $\lambda + s/140$).

Si l'on connaît la répartition des intensités en fonction de Δλ, l'équation (1) donne ρ pour chaque valeur de s. Si l'on a mesuré ρ pour différentes valeurs de s, l'équation (1) permet de calculer les valeurs correspondantes de k; la courbe représentative de dk/ds donne alors la répartition des intensités avec la longueur d'onde. Nous avons fait varier s de 25 à 2500^{μ}; les valeurs de 100 ρ obtenues avec le benzène, le sulfure de carbone, l'acide acétique et l'anhydride sulfureux sont données dans le tableau ci-dessous :

s.............	25.	50.	100.	150.	200.	500.	1000.	2500.
C^6H^6..........	13	20	29	–	33	39	41	44
CS^2............	33	37	46	52	–	59	60	62
CH^3CO^2H......	29	30	33	–	35	–	36	39
SO^2...........	15	16	18	22	26	29	29	29

Résultats. — 1° Nos valeurs de ρ_0 sont en désaccord avec celles publiées par les auteurs hindous; pour le benzène et le sulfure de carbone, elles coïncident avec celles prévues par la théorie des spectres de rotation des molécules polyatomiques de Placzek et Teller (¹); cependant, en adoptant la

(¹) G. Placzek et E. Teller, *Zeitschrift für Physik*, **81**, 1933, p. 209.

répartition des intensités donnée par Placzek et Teller, on trouve, d'après la formule (1), des courbes de variations de ρ avec s très différentes des courbes expérimentales.

2° Des valeurs obtenues pour ρ nous avons tiré la répartition des intensités dans le fond continu. Notre méthode ne nous a pas permis de préciser si la courbe de répartition est une courbe en cloche ou si elle présente deux maxima *très rapprochés* de la raie fondamentale (moins de 2 cm^{-1} pour C^6H^6, 4 cm^{-1} pour CS^2, 3 cm^{-1} pour CH^3CO^2H, 5 cm^{-1} pour SO^2). L'existence de deux maxima très rapprochés supposerait, pour l'unité diffusante, un moment d'inertie bien supérieur à ceux que l'on admet habituellement et que ne peuvent expliquer les associations moléculaires dans le cas des liquides à molécules homopolaires (C^6H^6, CS^2). La forme en cloche s'explique si l'on suppose que, dans tous les liquides étudiés, les molécules n'effectuent pas de rotations complètes mais qu'elles changent d'orientation avec des vitesses variables à chaque instant.

3° Pour les liquides à molécules associées, nous trouvons pour $2A_{i_0}$ une valeur plus faible que la valeur théorique; cette diminution d'intensité du fond continu indique que les forces qui provoquent l'association s'opposent à certaines rotations.

4° Les clichés obtenus en fente très fine avec C^6H^6 et CS^2 montrent que, même dans la branche Q, i n'est pas monochromatique : c'est une bande de quelques dixièmes d'Å. Cabannes (¹) avait déjà trouvé que la vibration I donne seule des anneaux d'interférence avec un étalon Perot et Fabry de $0^{mm},5$ d'épaisseur.

EFFET RAMAN. — *Sur l'effet Raman des sels d'aluminium*

Note de M. **A. da Silveira**, présentée par M. Jean Perrin.

Comme suite à nos recherches précédentes sur l'effet Raman, nous avons étudié les solutions saturées de nitrate et sulfate d'aluminium.

En effet les résultats que nous avons obtenus dans les solutions de Mg, ainsi que ceux de Suhrmann (²) dans l'infrarouge, semblent révéler l'existence d'hydrates de l'ion Mg^{++}. Il était donc intéressant de chercher

---

(¹) J. Cabannes, *Transactions of the Faraday Society*, 25, 1929, p. 800.

(²) R. Suhrmann et F. Breyer, *Zeit. f. Phys. Chem.*, 20, 1933, p. 17.

ce que donneraient les solutions des sels d'aluminium, bien que l'hydrolyse y soit importante, car ce cation est a peine plus gros que Mg^{++} et trivalent.

Les résultats qui suivent ont été obtenus au moyen d'un spectrographe Zeiss à grande dispersion (montage Fœrsterling) et d'une optique remarquablement claire; ils sont exprimés en nombre d'ondes par centimètre.

$(NO^3)^3Al$	–	396 f.	446 ff.	–	537 f.	–
$(SO^4)^3Al^2$	270 f.	396 f.	–	461 m.	527 f.	612 m.
$(NO^3)^3Al$	627 ff.	721 m.	819 ff.	–	1052 FF.	–
$(SO^4)^3Al^2$	686 f.	–	–	981 FF.	–	1109 ff.
$(NO^3)^3Al$	1241 ff.	1312 m.	1414 F.	1530 ff.	1639 f.	–
$(SO^4)^3Al^2$	–	–	–	–	–	–

ff. = très faible; f. = faible; m. = moyenne; F. = forte; FF. = très forte.

Il n'est naturellement pas possible de fixer *a priori* l'origine de toutes ces fréquences.

Dans le nitrate, les fréquences $\Delta\nu = 721$, 1052, 1312, 1414 cm^{-1} manifestent indubitablement l'existence de l'ion NO^3 en solution. La bande double $\Delta\nu = 1312$, 1414 cm^{-1} est interdite et dégénérée; elle se trouve ici dédoublée comme nous l'avons toujours observée. La raie $\Delta\nu = 721$ cm^{-1} est également interdite et doublement dégénérée; ici elle paraît être simple. La bande étroite $\Delta\nu = 1639$ cm^{-1} appartient à l'eau comme nous l'avons déjà démontré.

Dans le sulfate, les fréquences $\Delta\nu = 461$, 612, 981, 1109 cm^{-1} appartiennent à l'ion SO^4. Nous n'avons pas pu voir ici la bande $\Delta\nu = 1639\,cm^{-1}$ car les clichés présentent un fond continu que nous ne sommes pas parvenus à éliminer et dont l'origine est mystérieuse. Nous ne croyons pas que $\Delta\nu = 612$ cm^{-1}, triplement dégénérée, se soit détriplée et que $\Delta\nu = 527$, et 686 cm^{-1} soient ses compagnes, car on trouve leurs homologues dans le nitrate.

Nos recherches antérieures (¹) ont montré dans les solutions de $MgCl^2$, $Mg(NO^3)^2$, $Mg(ClO^3)^2$ une bande comprise entre $\Delta\nu = 350$ cm^{-1} et $\Delta\nu = 785$ cm^{-1} avec un maximum très net à $\Delta\nu = 367$ cm^{-1}. Nous l'avons attribué à la formation d'un hydrate de l'ion Mg^{++}. Des expériences ultérieures ont montré néanmoins que l'eau présente dans cette région une bande qui, dans les clichés de Bolla (²), est dédoublée avec ses maxima

(¹) A. DA SILVEIRA et E. BAUER, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 416.

(²) G. BOLLA, *Nuovo Cimento*, 10, 1933, p. 416.

à $\Delta\nu = 510$ et $740\ cm^{-1}$, et dans les clichés de Magat [1] est continue, peut-être à cause d'une dispersion moindre, et s'étend entre $\Delta\nu = 350$ et $740\ cm^{-1}$.

Il semble que nous retrouvions ici la même bande que dans les sels de Mg, avec cette différence que l'aspect de continuité a complètement disparu : elle serait ici triple et composée de trois bandes étroites de fréquences moyennes $\Delta\nu = 396$, 552 et $656\ cm^{-1}$, les deux premières très nettes, la troisième un peu floue surtout dans le nitrate.

Déjà dans les solutions de Mg, il nous semblait impossible de ne pas rendre le cation Mg^{++} responsable de la structure particulière de cette bande. A plus forte raison, dans le cas présent, c'est au cation Al^{+++} qu'il faut attribuer la présence du maximum $\Delta\nu = 396\ cm^{-1}$, qui n'existe pas dans les clichés très nets de Bolla.

Peut-être la bande $\Delta\nu = 819\ cm^{-1}$ du nitrate est-elle la fréquence inactive de l'ion NO^3 symétrique; elle correspondrait à la fréquence $\Delta\nu = 890\ cm^{-1}$ trouvée par Ollano [2] dans une solution de $Bi(NO^3)^3$.

Quant aux autres fréquences, nous croyons prématuré de se prononcer dès maintenant sur leur origine. Rappelons cependant qu'Ollano a trouvé dans le nitrate de bismuth une fréquence de $\Delta\nu = 1493\ cm^{-1}$ qu'il a attribuée à l'ion positif monovalent $Bi(OH)^2$; $1530\ cm^{-1}$ pourrait de même être due à un produit d'hydrolyse de l'ion aluminium.

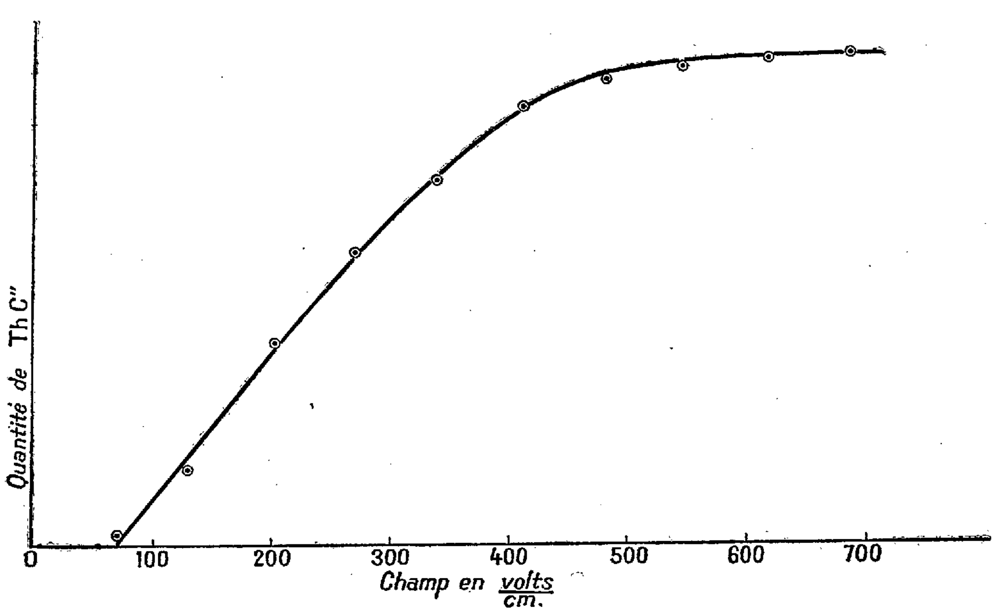
RADIOCHIMIE. — *Contribution à l'étude du* ThC″. Note de Mlle **C. Chamié**, présentée par M. Jean Perrin.

Le but de ce travail était d'obtenir du ThC″ très pur, exempt de ThC, de déterminer les conditions de séparation de ce corps par recul dans un champ électrique à la pression normale et d'étudier les courbes de décroissance de cet élément.

I. *Technique des expériences.* — Pour cette étude, j'ai employé un procédé spécial de purification des sources avant l'activation par recul. La plaque en or qui portait le dépôt actif du thorium sur une surface de 8^{cm} de diamètre était reliée au sol, une boîte en ébonite recouvrait la plaque et avait une ouverture de 8^{cm} de diamètre bordée d'un anneau métallique porté à un potentiel négatif. Avant de faire l'activation au recul, on pur-

(1) M. Magat, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1981.
(2) Z. Ollano. *Nuovo Cimento*, 8, 1932, p. 264.

geait pendant 5 minutes l'air au-dessus de la plaque en or, par le champ intense établi entre celle-ci, qui contenait la source, et une plaque métallique appliquée contre l'anneau. Cette purge avait pour but d'éliminer les poussières chargées d'atomes de recul quelconques qui nagent au-dessus de la source active. En remplaçant très rapidement la plaque de purge par une plaque réceptrice, on y recueillait le ThC″ débité uniquement pendant le temps d'activation qui était court, de l'ordre de 10 secondes, par exemple. La présence du ThC, rejeté par recul β, ne se faisait pas apercevoir, et les courbes logarithmiques de décroissance du TgC″, finissaient par des droites parfaites avec ce procédé d'activation.



La courbe a été obtenue en faisant varier le potentiel de la plaque réceptrice à distance fixe de la source du dépôt actif du Th. Distance = $1^{cm},3$; durée de l'activation par recul = 5 secondes.

Les mesures de la décroissance de la matière projetée par recul ont été faites à l'aide d'appareils variés : électroscope ordinaire, électromètre à quartz piézo-électrique compensateur, chambres à rayons β fermées par des écrans en Al et chambres utilisant tout le rayonnement. Enfin, une série de mesures a été faite à l'électromètre de Pohl de grande sensibilité, dont la chambre est fermée par un écran en Al de $0^{mm},015$; le disque activé est placé au-dessous de l'écran à des distances variables et peut être recouvert d'une épaisseur de plomb quelconque.

II. *Rôle du champ.* — J'ai étudié comment varie la quantité de ThC″ recueillie sur la plaque réceptrice en fonction du champ. Pour la même durée d'activation, on faisait varier soit la distance entre la plaque réceptrice et la source en appliquant à la plaque un potentiel constant, soit le potentiel à distance fixe. Dans les deux cas, on obtient des courbes semblables qui montrent que la saturation est atteinte pour une valeur de champ voisine de 700 volts/cm (voir figure). Les courbes conservent le même aspect si la durée d'activation est courte ou longue variant entre 5 secondes et 10 minutes.

III. *Vérification de la période.* — Dans les expériences qui avaient pour but d'étudier les courbes de décroissance du ThC″ il fallait éviter toute trace de ThC. J'ai employé un champ de 270 volts/cm (distance 2^{cm}, potentiel 540 volts) et des durées d'activation de 10 secondes. Dans ces conditions, le rendement en ThC″ recueilli n'est pas élevé, mais on a l'avantage de ne pas entraîner de ThC. J'ai vérifié sur les courbes obtenues que la période du ThC″ correspond bien au nombre adopté [1] T = 3,1 minutes.

IV. *Anomalie.* — J'ai remarqué que les courbes de décroissance du ThC″ présentent au début une légère anomalie qui disparaît au bout de quelques minutes comme s'il y avait un excès d'activité au début de la décroissance. Ce supplément d'activité semble se manifester en plusieurs étapes, les courbes étant affectées de plusieurs paliers. Quantitativement, ce phénomène est faible, l'activité supplémentaire est de l'ordre de 3 pour 100 de l'activité normale. Ce phénomène n'est pas toujours strictement reproductible, mais, en général, on l'observe quand le temps d'activation diminue et il disparaît quand les quantités de ThC″ recueillies sont fortes. On pourrait chercher peut-être l'explication de ce phénomène dans la structure fine des rayons α du ThC.

---

[1] Constantes radioactives admises en 1930 (*J. de Phys. et Rad.*, 7e série, **2**, 1931, p. 273-289).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la corrosion du fer.*
Note de M. E. **Toporescu**, présentée par M. H. Le Chatelier.

La théorie de la corrosion des métaux de Evans invoque la formation d'une pile locale due à ce que l'auteur appelle l'aération différentielle ([1]). Les expériences sur les solutions salines qui ont servi de point de départ à cette théorie me semblent pouvoir recevoir une interprétation différente.

Partant de l'idée que les liquides sont dépolymérisés sous l'action des tensions superficielles capillaires et que ces molécules dépolymérisées ont une activité chimique plus grande, j'ai cherché à voir si l'on pouvait obtenir une corrosion rapide en faisant monter les solutions par capillarité entre deux lames de fer.

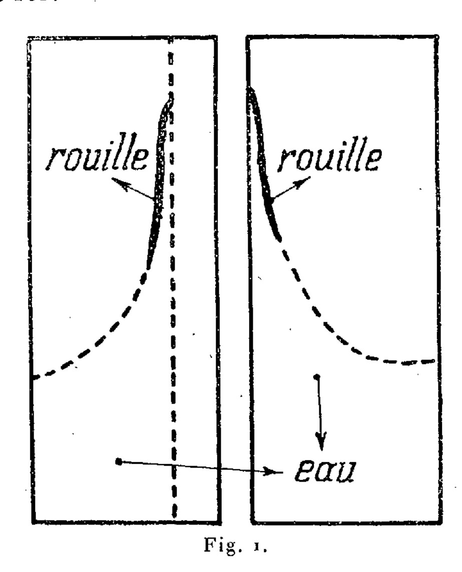


Fig. 1.

Les lames employées ont 3^{cm} de largeur sur 7^{cm} de hauteur. Elles proviennent d'un fer à T dont une des faces a été soigneusement polie, tandis que les autres, restées brutes, ont été vernies à l'acétate de cellulose. Les surfaces polies sont mises en regard de façon à former un angle de 7°. Le pied de ces lames est plongé dans un cristallisoir renfermant la solution étudiée.

A la température ordinaire, dans l'eau distillée, la corrosion commence

---

([1]) Evans, *Sur la corrosion des métaux* (Dunod, éditeur, 1928).

au bout d'une heure, vers la partie supérieure. Il se forme un dépôt gris foncé d'hydroxyde ferreux. Laissé au contact de l'air, ce dépôt brunit en se transformant en hydrate de sesquioxyde de fer, en rouille. La corrosion ne commence jamais par la partie inférieure du métal plongée dans l'eau (*fig.* 1).

Avec une solution à 3 pour 100 de NaCl la corrosion présente une répartition différente (*fig.* 2). Enfin si les lames ne sont pas vernies à la partie

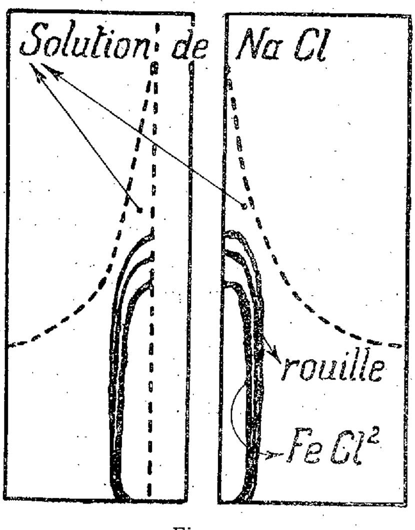


Fig. 2.

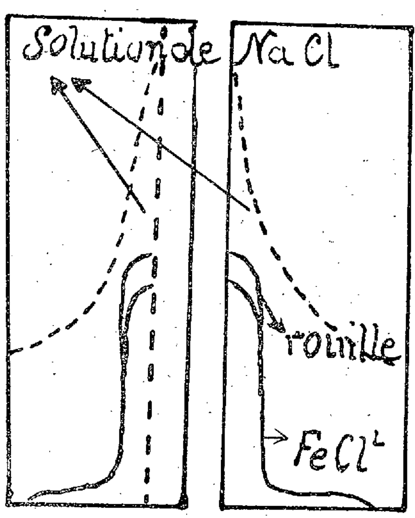


Fig. 3.

inférieure, la corrosion descend jusque sur les parties en contact avec le fond du cristallisoir (*fig.* 3). Dans tous les cas, l'importance de la corrosion est en relation avec l'angle que forment les deux lames; elle est d'autant plus grande que l'angle est plus petit.

Une particularité intéressante de cette corrosion est qu'elle se développe par sauts rythmiques, qui rappellent les anneaux de Liesegang. Le centre est vert, par suite de la formation de chlorure ferreux; puis à l'air cette coloration passe au brun. Les anneaux suivants, plus foncés, sont formés d'hydroxyde ferreux.

Il semble donc d'après ces expériences que l'oxydation n'est pas due aux courants d'aération différentielle, mais est sous la dépendance des tensions superficielles.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Influence de traces d'oxygène sur la décomposition thermique de la vapeur d'acétaldéhyde.* Note de M. **Letort**, présentée par M. G. Urbain.

La décomposition thermique de la vapeur d'acétaldéhyde a été étudiée expérimentalement par Hinshelwood et Hutchinson ([1]), par Kassel ([2]) et, au cours de notre travail, par Fletcher et Hinshelwood ([3]). Ce problème n'étant pas suffisamment résolu, il nous a paru intéressant d'en reprendre l'étude afin d'élucider le mécanisme de cette réaction en étudiant, en même temps que la cinétique, les modes de vibrations intramoléculaires, la présence des radicaux libres et l'influence des catalyseurs. En suivant la vitesse de cette réaction par la méthode manométrique usuelle, nous avons été surpris de la difficulté d'obtenir des résultats reproductibles surtout pour des températures inférieures à 500°C. Pour connaître les causes de ce phénomène, nous avons étudié l'influence de la pureté du produit utilisé, l'influence des lavages à la vapeur d'acétaldéhyde de la chambre de réaction avant expérience, et enfin nous avons trouvé que le degré d'évacuation et l'étanchéité de l'appareil étaient essentiels. Il n'est pas très facile d'avoir une étanchéité satisfaisante (de l'ordre de 10^{-4} mm de mercure); en effet, les vapeurs d'acétaldéhyde ont sur la graisse des robinets de l'appareil une influence néfaste, qui permet à de faibles quantités d'air de s'introduire et d'altérer considérablement la marche de la réaction. Fletcher et Hinshelwood semblent avoir également soupçonné cette cause d'erreur (p. 44). L'agent actif est l'oxygène de l'air. En effet, nous avons vérifié qu'on peut obtenir à volonté toutes les « irrégularités » observées en introduisant dans l'appareil de très petites quantités mesurées d'oxygène.

Nous avons voulu étudier systématiquement ce phénomène, cela exige une technique minutieuse. La chambre à réaction, en quartz, a un volume de 160^{cm^3} avec un espace nuisible de 1 pour 100. La température du four est tenue constante à 1°C. près. Nous évacuons avant l'expérience à 10^{-5} mm de mercure et, l'appareil étant fermé, il faut environ 10 heures pour que cette pression atteigne 10^{-4} mm. L'acétaldéhyde est purifié dans le vide d'après une technique que nous décrirons ultérieurement, qui permet de la débar-

---

([1]) *Proc. Roy. Soc.*, A, **111**, 1926, p. 380.
([2]) *Journ. of Phys. Chem.*, 34, 1930, p. 1166.
([3]) *Proc. Roy. Soc.*, A, **141**, 1933, p. 41.

rasser d'oxygène dissous. L'oxygène est préparé électrolytiquement, et purifié de l'hydrogène, de l'ozone et de l'eau.

Pour la température de 477°C. et pour une pression de 226^{mm} de mercure d'acétaldéhyde, nous avons introduit des quantités de O^2 variant de 0 à 0^{mm},034 de Hg. Un fait remarquable est la disproportion que l'on observe entre l'action due à l'O^2 et la faible quantité de ce gaz mis en jeu.

A titre d'exemple la figure 1 représente les courbes de décomposition

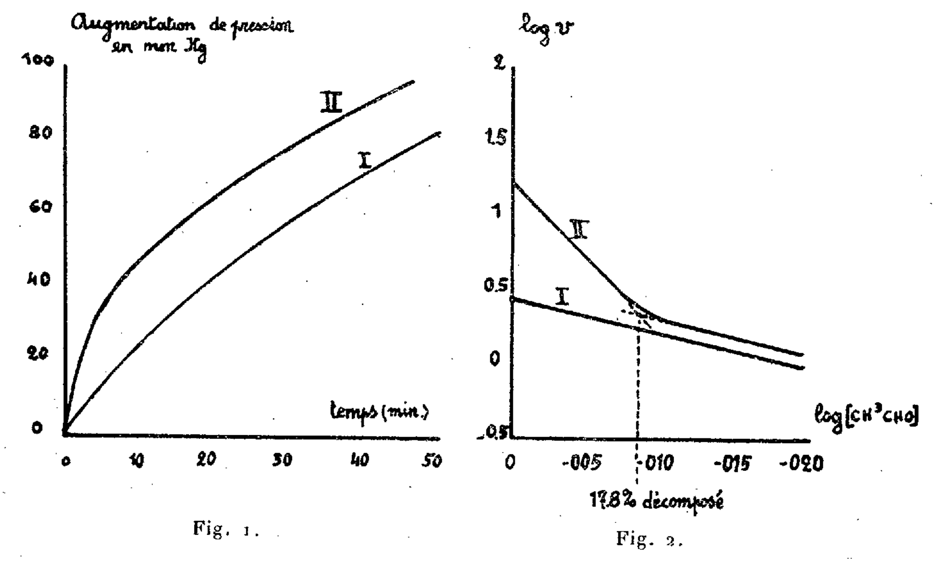


Fig. 1.

Fig. 2.

sans O^2 (courbe I) et avec 0^{mm},0135 de Hg de O^2 (courbe II), ce qui représente 6^{vol} de O^2 pour 100000^{vol} de CH^3CHO. Ces courbes paraissent montrer que l'action de O^2 ne se fait sentir que pour les premiers temps de la réaction. Ce fait apparaît nettement si l'on détermine graphiquement les vitesses de réaction pour différents taux de décomposition. (Nous avons vérifié que la réaction limite avec ou sans O^2 correspond à une augmentation de pression de 100 pour 100, aux erreurs expérimentales près.) On a les valeurs suivantes (les vitesses sont exprimées en augmentation de pression en millimètres de Hg par minute) :

°/₀ décomposé.........	0.	5.	10.	15.	20.	25.	30.	35.	40.
Concentration CH^3CHO.	1,00	0,95	0,90	0,85	0,80	0,75	0,70	0,65	0,60
Vitesse. Exp. I sans O^2..	2,70	2,40	2,10	1,90	1,65	1,46	1,20	1,03	0,86
Vitesse. Exp. II avec O^2.	18,0	10,3	5,61	3,17	2,10	1,74	1,44	1,26	1,10

De l'équation fondamentale des vitesses de réaction $v = k(CH^3CHO)^n$, où v est la vitesse, k une constante caractéristique de la réaction, (CH^3CHO)

la concentration en acétaldéhyde et n l'ordre de la réaction, on tire

$$\log v = n \log(CH^3CHO) + \text{const.}$$

Dans la figure 2 on a dessiné cette courbe pour les expériences I et II. Pour l'expérience sans O^2, on mesure $n = 2,2$. Pour l'expérience II, on voit que la courbe représentative de la réaction se compose de deux parties : l'une, sensiblement parallèle à la réaction I qui correspond à la décomposition simple; l'autre, dont la pente est très accusée, qui caractérise l'influence de O^2. D'après ce graphique, on voit que l'action de O^2 cesse quand 17,8 pour 100 de l'acétaldéhyde sont décomposés. Déduction faite de la quantité décomposée dans le même temps par réaction thermique simple, on calcule que 6^{vol} de O^2 entraînent la décomposition supplémentaire de 9800^{vol} d'acétaldéhyde. L'allure très différente des réactions I et II, mise en évidence par la figure 2, est une des raisons qui nous fait croire que la réaction dite « sans oxygène » est bien, en réalité, exempte de O^2 ou, plus exactement, que la décomposition de l'acétaldéhyde n'est pas influencée, dans les conditions de nos expériences par des quantités d'air inférieures à 10^{-4} mm de Hg (étanchéité réalisée).

En résumé, nous avons montré que la décomposition thermique de la vapeur d'acétaldéhyde est fortement catalysée par des traces d'oxygène ou d'air; il nous reste à décrire l'influence de différents facteurs sur cette catalyse et à en discuter la théorie.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la conduction électrique de la gélatine.* Note de Mlle **Suzanne Veil**, présentée par M. G. Urbain.

Une étude antérieure (¹) a montré que le champ électrique réagit mécaniquement sur la gélatine, en lui faisant subir, entre une électrode et l'autre, des déformations consécutives à un échelonnement de la concentration en ions hydrogène. La présente recherche a eu pour objet l'examen des caractères de la conductivité du milieu.

Variation, au cours du temps, de la conductivité de la gélatine sous une tension donnée. Le spécimen en examen était préparé selon une technique antérieurement adoptée, par étalement de la gélatine sur une plaque de verre préalablement garnie d'une feuille métallique à perforation circulaire. Cette feuille représentait une des électrodes, tandis que l'autre électrode

---

(¹) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 454.

était constituée par un fil métallique perpendiculaire au plan de la plaque au centre de la perforation. On obviait à la dessiccation de la gélatine en recouvrant la préparation d'un verre de montre ne livrant passage qu'au fil électrode.

A partir du début de l'application du champ électrique, la variation de l'intensité du courant dans la gélatine était suivie au moyen d'un galvanomètre enregistreur. Les observations se prolongeaient quelques heures.

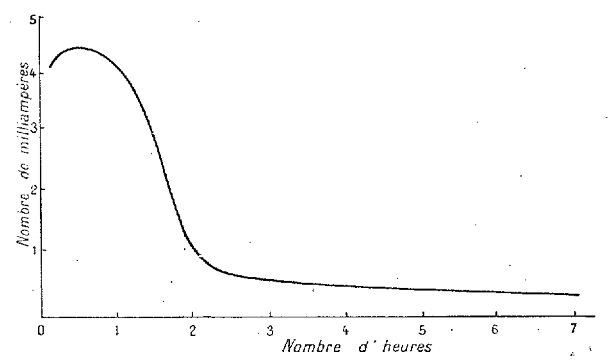


Fig. 1. — Évolution de la conduction électrique de la gélatine au cours du temps.

L'enregistrement reproduit (*fig.* 1) a été obtenu sous une tension de 7,2 volts. Le courant, après une baisse généralement trop rapide pour s'inscrire, augmente jusqu'à un maximum d'intensité, d'où il décroît ensuite pour tendre finalement vers une valeur inférieure à la limite de sensibilité des appareils de mesure. Le maximum est plus ou moins accusé suivant les conditions expérimentales particulières, la partie descendante de la courbe pouvant même éventuellement subsister seule.

En fin d'expérience, à l'instant même où le champ cesse d'être appliqué, l'emploi d'électrodes-sondes révèle que l'œdème cathodique manifeste individuellement une conductivité notable, conductivité fugitive, qui disparaît progressivement en quelques minutes.

Conduction de début de la gélatine, en fonction de la tension appliquée. — La variation de l'intensité du courant dans la gélatine en fonction de la tension appliquée a été étudiée en tenant compte du phénomène d'évolution ci-dessus décrit. Afin d'éliminer autant que possible cette perturbation pour les mesures, les intensités de courant ont été relevées au début de l'application du champ à l'instant même du contact, en ne laissant circuler le courant, à propos de chaque observation, que pendant le temps très bref de la lecture.

Avec cette précaution, et en opérant avec une batterie d'accumulateurs réglée par une boîte de résistance, on trouve que sous des tensions croissantes, l'intensité du courant dans la gélatine qui dans un premier stade augmente linéairement en respectant approximativement la loi d'Ohm, ralentit ensuite sa croissance pour tendre finalement vers une valeur limite. La courbe (*fig.* 2) illustre les résultats obtenus.

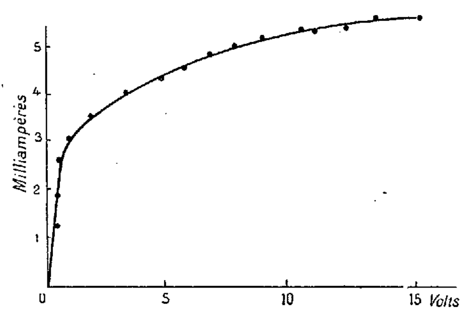


Fig. 2. — Conduction de début de la gélatine en fonction de la tension appliquée.

L'existence de cette sorte de courant de saturation, qui s'établit aux tensions suffisamment élevées, rappelle dans une certaine mesure les observations classiques faites dans un ordre d'idées différent, à propos de l'ionisation des gaz.

Substitution de l'agar-agar à la gélatine. — Lorsqu'on substitue l'agar-agar à la gélatine, les allures des deux courbes ici décrites sont conservées, encore que la netteté des phénomènes s'amoindrisse, en raison notamment d'une transpiration cathodique très abondante.

PHYSICOCHIMIE. — *Le domaine d'inflammation du mélange* $2H^2 + O^2$ *à basse pression.* Note [1] de M. **Pierre Tauzin**, présentée par M. Ch. Fabry.

Nous avons étudié, par des méthodes déjà connues, mais que nous avons modifiées pour leur donner plus de précision, l'inflammation, aux faibles pressions, du mélange $2H^2 + O^2$ contenu dans des tubes de quartz chauffés.

Si l'on porte en abscisses la température et en ordonnées la pression, on sait que le domaine d'inflammation est compris entre 2 courbes C_1 et C_2.

Détermination de la limite inférieure (*courbe* C_1). — Le mélange gazeux

---

[1] Séance du 30 octobre 1933.

est introduit à la pression voulue dans un récipient froid B; puis, par l'ouverture d'un robinet, il est détendu dans le tube de quartz chauffé A, dont la température est mesurée par un couple platine-platine rhodié; on répète l'expérience à des pressions croissantes jusqu'à obtenir l'inflammation.

Lorsque le gaz s'enflamme, il est impossible de mesurer la pression d'inflammation; le gaz brûle en effet dès que cette pression est atteinte; mais on peut la calculer en remarquant que pour des températures fixes des récipients A et B, il existe un rapport indépendant de la pression initiale entre les pressions avant et après détente. Or, pour des pressions assez faibles le gaz ne brûle pas; on peut par suite mesurer les pressions avant et après détente et par conséquent obtenir le coefficient de proportionnalité [1].

On a étudié l'inflammation du gaz dans deux tubes, l'un A_1 de 5^{cm} de diamètre et 20^{cm} de long, relié au récipient B par un tube de 2^{cm} de diamètre; l'autre A'_1 de $2^{cm},5$ de diamètre et 10^{cm} de long, relié à B par un semi-capillaire de $1^{mm},5$ de diamètre. Dans les deux cas, B est un tube de 700^{cm^3} de capacité. Les courbes relatives aux tubes A_1 et A'_1 sont respectivement C_1 et C'_1.

Détermination de la limite supérieure (*courbe* C_2). — Les pressions sont

---

(1) Ce fait demande une explication. Le tube A est placé dans la partie centrale d'un four électrique; sa température absolue est T_A. Le récipient B est à l'extérieur; sa température absolue est T_B. Ils sont reliés par un tube qui peut être long et gros et dont la température n'est pas uniforme. On peut cependant démontrer la proportionnalité annoncée, en écrivant la conservation du nombre des molécules gazeuses avant et après détente,

$$n_B V_B = \iiint n\, dV \qquad (1)$$

(n_B, nombre de molécules admises dans le récipient B de volume V_B avant la détente; n, nombre de molécules par unité de volume dans le volume dV après la détente. L'intégrale est étendue au volume total de la masse gazeuse après la détente).

n_B et n sont donnés par la loi de Mariotte.

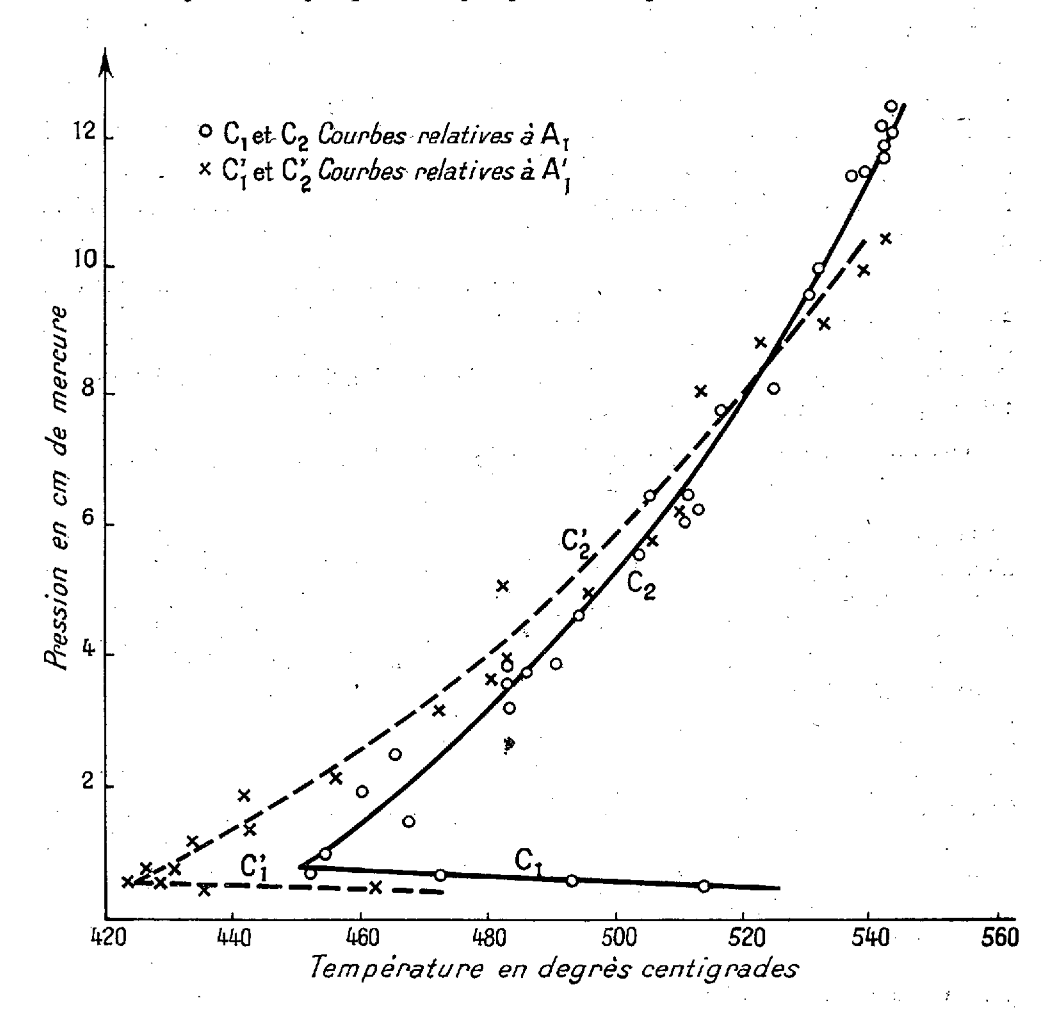
$$p_B = n_B RT_B \qquad \text{et} \qquad p = nRT;$$

portons ces valeurs dans (1)

$$\frac{p_B V_B}{T_B} = p \iiint \frac{dV}{T}.$$

Il est naturel d'admettre que, pour des températures données des tubes A et B, la distribution des températures dans le tube de jonction est fixe et par conséquent $\iiint \frac{dV}{T}$ est constante; p_B est proportionnel à p.

ici plus élevées que dans le cas précédent. On ne peut employer la même méthode, sinon le gaz s'enflammerait à basse pression au cours du remplissage du tube chauffé. D'où le mode opératoire : Emplir le tube de gaz à une température assez basse pour qu'il n'y ait pas inflammation et chauffer aussi brusquement que possible jusqu'à la température d'inflammation.



La vitesse maxima de chauffage obtenue avec nos fours est de 30° à la minute, et le chauffage peut durer jusqu'à 4 ou 5 minutes; il a donc pu se produire des traces d'eau en quantité croissant avec la durée d'échauffement. Pour justifier la méthode, nous avons vérifié que la température d'inflammation est indépendante de cette durée d'échauffement tout au moins

pour des pressions inférieures à 12^{cm} de mercure. Pour des pressions supérieures le chauffage produit d'abondantes quantités d'eau; la méthode n'est plus acceptable.

Les courbes relatives aux tubes A_1 et A'_1 sont respectivement C_2 et C'_2.

Dans le tube A_1, sous la pression de 4^{cm} de mercure, le gaz s'enflamme à 488°; après un chauffage de 1 heure à 463°, il s'enflamme à 492°; sous la pression de 9^{cm}, le gaz s'enflamme à 526°; après un chauffage de trois quarts d'heure à 509°, le gaz s'enflamme à 533°.

Dans le tube A'_1, sous une pression de 4^{cm}, le gaz s'enflamme à 477°; après un chauffage de trois heures et quart à 452°, il s'enflamme à 472°; sous la pression de 9^{cm}, le gaz s'enflamme à 529°; après chauffage de 1 heure et demie à 494°, il s'enflamme à 524°.

Pour des pressions inférieures à 12^{cm}, les variations de la limite supérieure d'inflammation lorsqu'on fait varier la durée d'échauffement dans de très larges limites, sont de l'ordre des erreurs expérimentales.

PHYSICOCHIMIE. — *Point de transformation et ramollissement des verres.* Note de M. **Édouard Rencker**, présentée par M. Ch. Fabry.

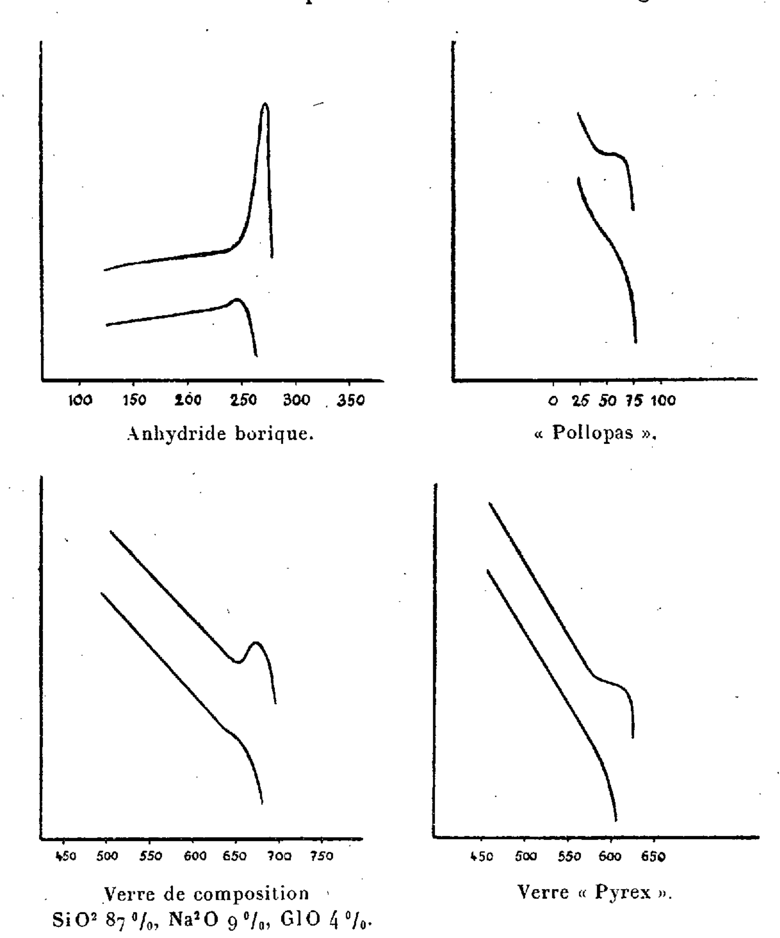
De nombreux auteurs ont signalé que les verres présentent peu avant de se ramollir un point de transformation où les coefficients de température de toutes les propriétés physiques varient brusquement. Cette propriété est générale, elle appartient à tous les corps vitreux organiques ou minéraux (brai, gommes, glycérine, soufre et sélénium vitreux) (1). Il m'a semblé intéressant de préciser les rapports entre le ramollissement et la transformation.

Dans une Note précédente (2), j'ai indiqué qu'il m'avait été impossible de mesurer le coefficient de dilatation linéaire des verres au-dessus du point de transformation à l'aide du dilatomètre Chévenard. En effet, à partir de ce point, la dilatation est partiellement compensée par l'écrasement sous l'action du ressort; ce phénomène dépend d'ailleurs de la force du ressort, du diamètre de l'échantillon et de la vitesse d'échauffement. En particulier, si l'échauffement est assez lent, l'écrasement peut se produire sans qu'on ait enregistré de transformation. D'autre part, l'écrasement ne s'est jamais produit à une température inférieure à la température de

(1) Samsoen, *Annales de Physique*, 9, 1928, p. 35; Mondain-Monval et Galet, *Comptes rendus*, 190, 1930, p. 120.

(2) *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 840.

transformation. J'ai observé ces phénomènes pour des verres industriels, pour des verres que j'avais préparés moi-même, pour l'anhydride borique, pour la « parilithe » et le « pollopas », verres organiques fabriqués actuellement dans l'industrie. On a reproduit ci-dessous les diagrammes de dilata-



Diagrammes de dilatation différentielle.

Les abscisses correspondent aux températures (mesurées par la dilatation de l'étalon); les ordonnées représentent les différences entre les allongements de l'échantillon et ceux de l'étalon. L'étalon choisi est l'alliage « Baros », sauf dans le cas du « Pollopas » où l'on a préféré le zinc à cause de son coefficient de dilatation élevé.

tion différentielle de quatre verres différents. Pour chacun d'eux, la courbe supérieure correspond à un barreau de 5 à 7^{mm} de diamètre et à une vitesse d'échauffement de 6° à la minute; la courbe inférieure, à un barreau de 2^{mm} de diamètre et une vitesse d'échauffement de 1° à la minute environ.

La température de transformation coïncide donc avec la température où les verres commencent à se ramollir. On est conduit à chercher l'explication de la variation brusque des coefficients de température des propriétés physiques dans l'apparition de l'état visqueux. Bien des hypothèses sur la nature intime de ces phénomènes sont possibles actuellement. De nouvelles expériences nous permettront peut-être d'éclairer la question.

LITHOLOGIE. — *Sur la présence de la barytine dans l'arène de granulite d'Alençon* (*Orne*). Note de M. **L. Berthois**, présentée par M. L. Cayeux.

La barytine à l'état microscopique tient une place importante dans l'ensemble des minéraux lourds des arènes de la granulite d'Alençon. Elle se présente sous les formes suivantes :

a. Petites tablettes brisées à contours très anguleux, dont les plus grandes dimensions varient de 50$^\mu$ à 500$^\mu$;

b. Petites tablettes dues aux faces du prisme *mm* (110), recoupé par le clivage basal *p* (001), dimensions voisines de 200$^\mu$;

c. Tablettes peu épaisses, avec un contour en dents de scie; dimensions voisines de 200$^\mu$.

Une analyse chimique faite par M. Tiollais m'a permis de confirmer le diagnostic établi d'après les propriétés optiques.

La barytine ayant été remaniée dans les formations secondaires, il m'a paru intéressant de faire une étude quantitative de sa répartition.

J'ai fait, en partant des arènes de granulite, un certain nombre de séparations (de 4 à 5 par localité citée).

La moyenne des séries de pesées effectuées donne les résultats suivants (pour 100) :

Quartier de Villeneuve (sud-ouest d'Alençon).....	0,033 (g)
Le Tertre (ouest de Lonray).....................	0,017
Villeneuve....................................	0,086
Montpertuis...................................	0,017

La moyenne générale de la teneur en minéraux lourds est donc un peu inférieure à 0,5 pour 1000 (0,038 pour 100) du poids de l'arène. La

barytine constitue les 7 à 9/10ᵉ du résidu lourd préalablement traité à l'HCl.

Sur la bordure du massif granulitique, j'ai pu noter les faits suivants :

Près du Gué au Cheval (route de Bretagne), la barytine en cristaux microscopiques existe dans une arène de schistes X métamorphisé au contact de la granulite.

D'autres prélèvements d'arène plus éloignés de la granulite n'ont pas fourni de barytine; il semble donc que, dans les terrains sédimentaires encaissant la roche éruptive, la présence de la barytine soit réduite à une auréole très étroite.

On peut penser que la venue de la barytine est liée à l'activité fumerollienne de la granulite, ce minéral ayant été trouvé dans cette roche et dans les schistes encaissants.

La barytine se retrouve en assez grande abondance dans les formations sédimentaires de la bordure du Bassin de Paris. M. A. Lacroix [1] a signalé sa présence dans les arkoses bajociennes d'Alençon. Des séparations quantitatives faites récemment par Mlle Herat ont montré que la barytine y était beaucoup plus concentrée que dans les arènes de granulite que j'ai étudiées (en moyenne 30 à 60 fois plus). La proportion de barytine croît comme celle des autres minéraux.

Lors de la transgression bajocienne, la granulite a fourni les matériaux nécessaires à la formation des arkoses, la barytine qui tenait une place importante dans le cortège des minéraux lourds de l'arène est disséminée en abondance dans l'arkose.

Le rapport entre les teneurs en minéraux denses contenus dans l'arène d'une part, et dans l'arkose d'autre part, peut donner une idée approximative de la masse d'arène granulitique mise en œuvre lors de la formation de la roche sédimentaire.

---

(1) A. Lacroix, *Minéralogie de la France et de ses colonies*, 4, 1910, p. 94 et suiv.

GÉOLOGIE. — *Sur l'existence du Bubale antique dans les limons de l'Oued Imar'ir'en (Haut-Atlas de Marrakech) et la signification paléoclimatique de cette trouvaille.* Note [1] de M. **Jacques Bourcart.**

M. Maral, ingénieur à la mine de sel de l'Oued Imar'ir'en, ayant découvert dans une ballastière qu'il exploitait à la base des limons roses, deux fragments qu'il attribuait à des cornes de Rhinocéros, je me rendis sur les lieux pour y effectuer des fouilles pour l'Institut scientifique chérifien. L'intérêt de cette recherche n'était pas uniquement paléontologique; aucun fossile n'avait encore jusqu'ici été trouvé, dans le Haut-Atlas, dans des formations plus récentes que le Nummulitique.

Les ossements que j'ai pu dégager n'appartiennent pas à un Rhinocéros. J'ai mis au jour un massacre de *Bubalus antiquus* que complètent les deux fragments découverts par M. Maral. La pièce, assez rongée par les eaux salées qui circulent partout dans la région, provient d'un individu adulte, d'une envergure de corne (suivant la corde de l'arc) de $2^{m},10$. Le crâne, adhérent au moule osseux des cornes ,ne comporte ni os de la face ni mâchoire supérieure. Il était rempli par une argile verte, plastique, et entouré d'une gaine ferrugineuse ressemblant à de l'*ortstein*. Il a certainement été flotté par l'oued; malgré d'importantes fouilles, aucun autre fragment qu'un métacarpien n'a pu être découvert. Tous les caractères de la pièce sont exactement comparables à ceux que Pomel a mis en évidence dans la Monographie qu'il consacre à cet animal [2].

La pièce reposait, à une altitude de 12^{m} au-dessus de l'oued, sur des limons jaunes très fins qui succèdent à une série de sables ou d'argiles rouges, recouvrant les marnes salifères du Trias. Sur ces limons venaient 4^{m} de cailloutis, essentiellement composés de dolérites très altérées et de calcédoines du Trias avec quelques rares *nuclei* de silex, puis le reste de la banquette était formé des limons, analogues en tout point aux limons subatlasiques.

La banquette de limons n'existe que sur la rive droite de l'oued ; sur la rive gauche lui fait face, à une hauteur de 50^{m} au-dessus du thalweg, une

---

(1) Séance du 9 octobre 1933.

(2) A. Pomel, *Carte géologique de l'Algérie. Paléontologie, Monographies*, Bubalus antiquus (in-4°), Alger, 1893; 94 pages, 10 planches.

autre banquette qui se relie au grand cône du Rdat dont j'ai parlé précédemment (¹).

Je n'hésite pas à relier ces deux formations, malgré leur différence d'altitude. En effet, des paquets de limons, inclinés à 45°, sont encore adhérents à la banquette supérieure; d'autres sont visibles, dans les mêmes conditions, sur la rive gauche, près d'Imizer; enfin, la stratigraphie montre que notre ballastière représente bien un fond de vallée.

La formation limoneuse moule bien la vallée de l'oued, qui a dû se creuser très rapidement par suite de la dissolution du sel qui existe sur les deux rives. Je crois être en droit de dire qu'elle appartient bien à l'ensemble de la formation subatlasique.

Quel âge faut-il lui assigner? Le Bubale antique serait connu, en Algérie, depuis les couches de Palikao (c'est l'équivalent de nos grès de Rabat) jusqu'à l'époque des gravures rupestres où cet animal a été bien des fois figuré. Mais le squelette complet, décrit par Pomel, provient de limons roses, tout analogues aux nôtres. Pomel insistait déjà sur l'impossibilité d'attribuer des étendues pareilles de limons, comme celles où il avait trouvé le Bubale, à des fleuves qui présenteraient le régime des cours d'eau actuels de l'Afrique du Nord.

Pour de telles formations, il faut supposer des conditions hydrologiques analogues à celles que présentent les fleuves de l'Afrique occidentale. L'abondance du fer dans ces dépôts nous fait supposer qu'un climat analogue à celui de ces régions régnait aussi.

Enfin, Pomel a déjà souligné le fait qu'un animal possesseur de pareilles cornes ne pouvait vivre que dans une steppe et non dans les forêts qui paraissent avoir couvert le Maroc à l'époque des tirs (Paléolithique supérieur).

Je rappellerai que les limons subatlasiques reposent, selon moi (comme du reste toutes les formations analogues au Maroc : limons de Rabat, roche rouge du Cap Cantin, etc.), sur des calcaires lacustres recouverts par la croûte principale *et qu'ils sont ici surmontés par un cailloutis de reg à très gros éléments*. On peut donc imaginer la succession climatique suivante : 1° *un climat très humide*, correspondant au Chelléen et aux lacs interdunaires de Casablanca et du Sahel de Mazagan (Aïn Haliliga), à faune du type de Palikao et du lac Karar et des grands lacs de l'intérieur (Saïs, Tadla, Haouz, Azar'ar' de Tiznit, etc.); 2° *un climat très sec*, cor-

(¹) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 845.

respondant à la croûte (avec un outillage du type *acheuléen*, découvert par M. Anthoine à Beaulieu près de Casablanca); 3° *un climat chaud et plus humide*, caractérisé par une faune soudanaise où abondent les Antilopes, les Phacochères et le Rhinocéros (gisements de Kébibat, de Témara, de Meknès, du cap Cantin) avec des formations toujours rouges, représentant probablement le Moustiérien; 4° *un climat beaucoup plus froid et très humide* qui a vu le creusement des principales rivières marocaines et correspond aux limons, support des « tirs » noirs et aux argiles grises des lettres interdunaires. L'éléphant d'Afrique, qui n'a pas encore fait son apparition au Maroc dans les formations antérieures, y est extrêmement abondant. C'est à cette quatrième période que j'attribuerai le grand cailloutis de reg qui surmonte les limons et qui seul contient des éléments du Massif Central de l'Atlas.

Nous aurions donc, dans la stratigraphie du Quaternaire marocain, deux périodes pluviales séparées par une période sèche et chaude.

Après un asséchement du climat, correspondant peut-être au début du Néolithique, une dernière récurrence pluviale se serait produite à l'époque énéolithique, à laquelle il faut sans doute rapporter les innombrables gisements de surface de silex taillés qui existent partout au Maroc.

Il serait intéressant de voir si l'étude morphologique des massifs montagneux marocains permet d'imaginer une évolution parallèle du réseau hydrographique.

GÉOLOGIE. — *Présentation d'une échelle stratigraphique pour les terrains paléozoïques de l'Afrique occidentale.* Note de M. **Raymond Furon**, présentée par M. L. Cayeux.

Ayant achevé l'étude des matériaux que j'ai récoltés pendant trois ans (1927-1930) en Afrique occidentale et équatoriale, je puis me permettre de présenter une échelle stratigraphique de l'ensemble des terrains primaires, groupés antérieurement sous le nom de Grès horizontaux.

A. Précambrien plissé. — Je groupe sous ce vocable l'ensemble des roches éruptives plus ou moins écrasées, des gneiss, schistes, cipolins et quartzites affectés par les plissements huroniens. MM. H. Hubert, Aubert de la Rüe et Pérébaskine y ont observé des niveaux de conglomérats, indiquant l'existence de plusieurs cycles sédimentaires.

B. Épisode continental. — Après le plissement de l'ensemble des séries

précambriennes, se place un épisode continental. Il est marqué par le dépôt de conglomérats que j'ai découverts en 1929 dans le Kaarta (Soudan) et qui ont été retrouvés par M. Baud dans la région de Kayes. Ce conglomérat existe partout en Afrique et j'ai signalé récemment l'identité pétrographique d'échantillons recueillis au Soudan et au Gabon.

La situation stratigraphique du conglomérat a été difficile à définir parce qu'il se trouve parfois en concordance apparente avec des quartzites que l'on confond aisément avec des quartzites de la série horizontale. Ce phénomène a été observé en Afrique équatoriale et très heureusement expliqué par M. A. Amstutz. Certains conglomérats auraient commencé à se former dès le début des plissements, d'autres se seraient déposés à la fin alors que l'érosion avait déjà nivelé certains reliefs. Les conglomérats peuvent donc se trouver indifféremment en concordance ou en discordance sur les terrains sous-jacents, mais ceux-ci appartiennent *toujours* au Précambrien *plissé*.

C. Le Primaire horizontal. — L'ensemble des formations primaires, groupé jusqu'à présent sous le nom de « Grès horizontaux », peut être subdivisé en Cambrien, Ordovicien, Gothlandien, Dévonien et Carbonifère.

a. Cambrien-Série schisto-calcaire. — J'ai découvert et défini au Soudan une série schisto-calcaire composée de dolomies, schistes, phtanites, pélites et jaspes, série marine venant immédiatement au-dessus du conglomérat continental. Ce niveau dolomitique, connu depuis le plateau de Bandiagara (Serpokryloff) jusqu'au Rio de Oro, contient en Mauritanie des *Collenia* (Chudeau et H. Hubert). Je considère ces calcaires dolomitiques comme cambriens. La série schisto-calcaire se retrouve en Guinée, au Soudan et en Mauritanie à la base de toutes les grandes falaises d'érosion qui limitent les plateaux primaires.

b. Les grès ordoviciens. — En Guinée, la série schisto-calcaire est séparée des schistes gothlandiens par plusieurs centaines de mètres de grès. Ces grès appartiennent nécessairement à l'Ordovicien. Supérieurs à la série schisto-calcaire, ils correspondent aux grès inférieurs tassiliens. Ils s'étendent sur d'immenses surfaces en Guinée, au Soudan et en Mauritanie, indiquant par leur faciès une grande diminution de la profondeur des mers, un retour vers les conditions continentales.

c. Les schistes gothlandiens. — Les schistes gothlandiens, fossilifères en Guinée, marquent une transgression et un approfondissement des mers. C'est un épisode très général dans le Nord africain, marqué par un petit conglomérat à la base des Schistes à Graptolithes (Bourcart, C. Kilian,

Menchikoff, Th. Monod). Un tel niveau schisteux fossilifère n'a pas encore été trouvé au Soudan, ni en Mauritanie, mais on le retrouvera *nécessairement* dans des zones synclinales privilégiées comme celle de Khat-Taodéni.

d. Les grès dévoniens. — Les schistes à Graptolithes gothlandiens sont surmontés, en Guinée comme dans tout le Sahara, par des grès supérieurs dévoniens. Ces grès dévoniens sont fossilifères en Mauritanie (Chudeau, Dereims, Malavoy et Menchikoff); ils comportent quelques bancs schisteux et calcaires. La mer dévonienne, épicontinentale a recouvert l'Ouest africain, laissant encore des traces en Gold Coast (Kitson).

e. Les calcaires carbonifères. — La série primaire se termine avec les dépôts marins du Carbonifère inférieur, fossilifères à Taodéni, en Mauritanie (Chudeau, Furon), au Niger, à In Tedreft (Chudeau), en Gold Coast (Kitson).

Les mouvements hercyniens viennent alors interrompre la sédimentation marine, provoquant l'exondation de l'Ouest africain et la formation de quelques plis à très grand rayon de courbure. Les pendages sont si faibles en général qu'on peut considérer l'ensemble du Primaire comme horizontal.

Il est intéressant de noter l'analogie de cette échelle stratigraphique avec celle établie par C. Kilian pour l'Ahaggar. Je tiens à noter une fois de plus l'extension considérable de la série primaire (Cambrien-Carbonifère) depuis l'Afrique du Nord jusqu'au Golfe de Guinée, mais j'insiste encore beaucoup plus sur l'*extraordinaire constance des faciès qui se poursuit sur des milliers de kilomètres* depuis le Maroc jusqu'aux environs immédiats de l'Afrique équatoriale.

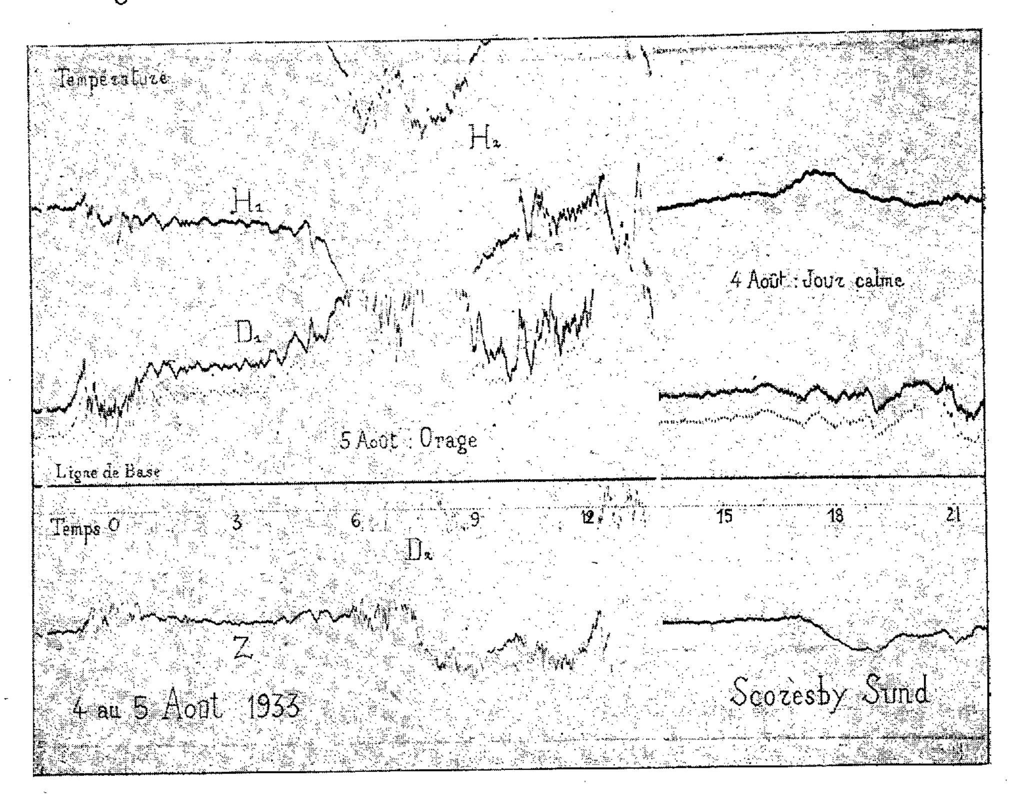
PHYSIQUE DU GLOBE. — *Observations magnétiques au Scoresby Sund pendant l'année Polaire.* Note de M. **J. P. Rothé**, présentée par M. Ch. Maurain.

La station française de l'année Polaire 1932-1933 établie au Scoresby Sund a enregistré de façon continue les variations du champ magnétique terrestre : les courbes montrent une agitation permanente d'amplitude plus ou moins grande dont les relations avec les variations du courant tellurique et des phénomènes auroraux feront l'objet d'un travail ultérieur.

On peut dès maintenant signaler la périodicité d'environ 28 jours des journées très agitées comme des jours calmes, périodicité qui a été suivie très régulièrement toute l'année. La variation diurne du champ terrestre

est très-forte les jours agités quelle que soit l'époque : elle atteint son maximum en mars, avec plus de 60 minutes pour la déclinaison. Au contraire, si l'on ne considère que les journées calmes, cette variation diurne est minimum au solstice d'hiver ; elle croît ensuite régulièrement jusqu'en juillet. Sa valeur pour la déclinaison passe de 4′ en décembre à 25′ en juillet.

La figure ci-dessous donne à titre d'exemple une inscription réduite, au



tiers, obtenue à Scoresby Sund : après la journée calme du 4 août 1933, elle montre le début de l'important orage magnétique du 5. Cette perturbation qui ne correspond pas aux journées agitées périodiquement, signalées plus haut, a atteint une amplitude de plus de 4° sur la déclinaison. Inscrite également à l'Observatoire français du Val-Joyeux, son amplitude y est 4 fois moindre. Pour la composante horizontale la variation en 1 heure dépasse 500 γ. La comparaison du détail des courbes entre ces deux stations montre des différences importantes, le maximum absolu au Scoresby Sund correspondant par exemple à un minimum de la déclinaison au Val-Joyeux.

Les magnétographes La Cour à marche rapide nous ont permis d'enregistrer le détail des perturbations et de déterminer, avec une précision de 3 à 4 secondes, l'heure de leurs débuts brusques. L'emploi d'appareils trop lents n'avait pas permis jusqu'ici cette étude. Plusieurs stations ont déjà communiqué quelques résultats. Le début de la perturbation du 30 avril 1933 est particulièrement net au Scoresby Sund. L'examen des heures d'arrivée montre que ce début n'est pas instantané sur toute la Terre, mais que la perturbation semble se propager à partir du nord magnétique vers l'Est et fait le tour du globe en une minute environ.

Des mesures de déclinaison faites au Cap Stewart, à l'endroit où l'expédition Ryder avait séjourné il y a 42 ans, nous ont donné pour la moyenne de la variation séculaire sur cette période — 11 minutes. Les autres mesures montrent que cette station du cap Stewart est placée sur une anomalie relativement importante — 3° pour D et 800 γ pour H — anomalie dont l'origine doit être recherchée dans l'existence en profondeur d'un laccolite de basalte, d'où sont sans doute issus les dykes qui jalonnent la terre de Jameson. La variation de la composante verticale étudiée au variomètre de Schmidt atteint sur quelques mètres au passage de l'un de ces dykes 150 γ. L'anomalie est négative : résultat analogue à celui que j'avais trouvé sur les pointements basaltiques, également tertiaires de la plaine d'Alsace. Au contraire, les mesures faites sur la glace du fjord, à plus de 100^m du fond, ont donné des résultats tout à fait comparables à ceux de la station des magnétographes établie sur le gneiss. L'anomalie due au sous-sol était donc négligeable pour la station permanente.

PALÉONTOLOGIE. — *Sur les affinités de l'Issiodoromys, Rongeur de l'Oligocène d'Europe*. Note (¹) de Mlle **Madeleine Friant**, présentée par Ch. Jacob.

Beaucoup de paléontologistes, Ameghino et Schlosser en particulier, ont pensé que l'*Issiodoromys*, rongeur de l'Oligocène moyen d'Europe (²), dont quelques espèces, dénommées *Nesokerodon* (³) par Schlosser, sont

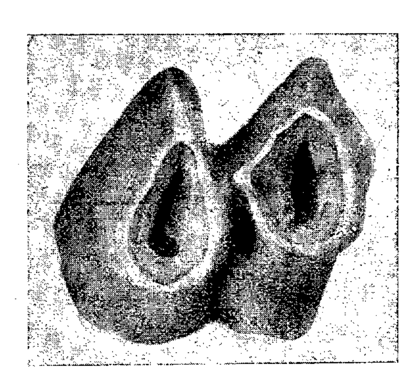
(¹) Séance du 30 octobre 1933.

(²) On ne rencontre, d'après Stehlin, aucun *Issiodoromys* au delà de l'Oligocène moyen.

(³) Les espèces dénommées *Nesokerodon* par Schlosser ne se différencient que par la taille de l'*Issiodoromys pseudanaema* Croizet.

particulièrement abondantes dans les phosphorites du Quercy, devait être rattaché, en raison de la forme bilobée de ses molaires à l'état abrasé, au groupe exclusivement sud-américain des Caviidés. L'étude des molaires de l'*Issiodoromys* à l'état jeune, c'est-à-dire avant l'abrasion, montre qu'il n'existe en réalité aucune affinité entre cet animal et le *Cavia* dont on l'a si souvent rapproché.

Les molaires définitives inférieures de l'*Issiodoromys* (*Nesokerodon*)



Issiodoromys (*Nesokerodon*) *Quercyi* Schlosser (N° 1933-490 de la Collection d'Anatomie comparée du Muséum). Phosphorites du Quercy, 2e molaire inférieure gauche, à l'état non abrasé. L'avant est à droite; le côté externe, en haut. Grossissement de 20 fois environ.

Quercyi Schlosser, par exemple, que j'ai pu étudier à l'état jeune, présentent, au stade intra-alvéolaire, au niveau de la face triturante, quatre crêtes transversales se réunissant deux à deux et formant ainsi deux tubes limités par un rebord de contour ovalaire, légèrement en pointe du côté externe; ces deux formations complexes sont réunies vers leur région médiane par une crête longitudinale très courte. Cette disposition morphologique est essentiellement différente de celle que l'on observe chez les Caviidés à dents jugales bilobées (*Cavia*, *Kerodon*, *Dolichotis*), dont les molaires, à l'état vierge, présentent deux cuspides simples [1] en forme de pyramide triangulaire, l'une antérieure, l'autre postérieure. Elle se rapproche, au contraire, beaucoup de ce qui existe chez les Théridomyidés du Tertiaire européen (*Theridomys* par exemple) et permet de classer l'*Issiodoromys* parmi les Théridomyidés comme le pressentait déjà Gervais en 1859.

Ce n'est que lorsque les dents de l'*Issiodoromys* sont très profondément abrasées qu'elles peuvent arriver à ressembler à des molaires de Caviidés.

---

(1) Parfois trois; cela dépend de la molaire considérée.

Il faut noter aussi que l'*Issiodoromys* se comporte, au point de vue de l'abrasion de ses molaires, comme l'ensemble des Rongeurs, c'est-à-dire que cet abrasement se produit chez le jeune après la naissance, tandis qu'en raison d'une exception unique et remarquable, due à la longue durée de la gestation, les Caviidés commencent d'abraser leurs molaires *in utero* ainsi que je l'ai indiqué dans une Note précédente (*Comptes rendus*, 194, 1932, p. 980). On peut également conclure de ceci que le moment de la naissance se place chez l'*Issiodoromys* comme chez les autres Rongeurs et que l'*Issiodoromys* ne participe pas à l'exception que les Caviidés constituent à cet égard.

L'*Issiodoromys* est le plus évolué de tous les Théridomyidés, car ses dents jugales sont à croissance très prolongée, tous les autres genres du groupe ayant au contraire des molaires à racines nettes et très développées et, par suite, à croissance plus ou moins limitée, bien que toujours abrasées à l'état adulte.

Contrairement à ce que pensait Ameghino, on ne peut donc se baser sur les caractères dentaires de l'*Issiodoromys* pour le rapprocher des Caviidés et se fonder sur ce rapprochement pour admettre, à l'époque tertiaire, l'existence d'un continent sud-Atlantique réunissant l'Amérique australe à l'Ancien Monde.

BOTANIQUE. — *Contribution à l'étude des modifications héréditaires produites dans les plantes par la chaleur.* Note de M. **Pierre Lesage**, présentée par M. Molliard.

Ces contributions se trouvent dans les expériences que je fais depuis longtemps déjà avec le *Lepidium sativum*. Ces expériences, commencées en 1911 en vue de vérifier certains cas discutables de recherches antérieures, ont été continuées jusqu'en 1933, avec des variations assez nombreuses provoquées par les résultats obtenus successivement et par les méthodes qu'ils ont suggérées progressivement. C'est ainsi qu'aux expériences simultanées faites d'abord en comparant les plantes développées à Rennes dans un milieu plus chaud (sous châssis) et dans un milieu plus froid (en plein air), j'ai été amené, en 1927, à ajouter des expériences faites toutes en plein air dans le Midi (Alger, Marseille) et dans le Nord (Rennes, Rothamsted); puis, en 1932, des expériences successives faites à Rennes,

en plein air, mais avec des semis faits à des dates différentes dans une même année (mai et mars). Cela fait que j'étudie actuellement trois groupes d'expériences d'inégale importance, mais orientées dans le même sens pour se contrôler réciproquement. Je puis dire déjà que le deuxième groupe vérifie, dans une certaine mesure, les résultats obtenus dans le premier: nous verrons par la suite ce que donnera le troisième qui n'est qu'à ses débuts.

Au cours de ces expériences, j'ai fait connaître les principaux résultats quand ils m'ont paru suffisamment nets.

Le premier de ces résultats a été la constatation de la précocité sous châssis quand le dispositif des cultures *était convenable;* le second a été que quand la plante a vécu pendant quelques générations (deux) sous ce dispositif convenable, ses graines, semées en plein air, donnent des plantes précoces par rapport aux plantes toujours de plein air; un troisième a été que les graines de ces plantes précoces, semées à nouveau en plein air, produisent des plantes précoces encore et cela peut se continuer ainsi pendant plusieurs générations.

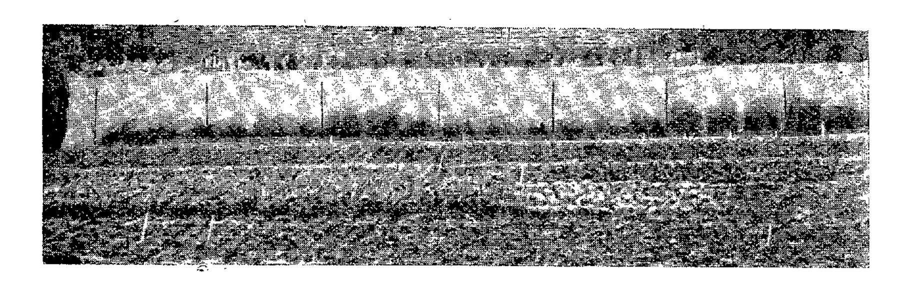
Pour donner à mes expériences une allure plus méthodique, je me suis attaché à étudier la valeur de m et de n dans la formule biologique $A_m B_n$ où A désigne le milieu ou la station chaude, B le milieu ou la station froide, m le nombre de générations passées en A et, particulièrement, le nombre nécessaire et suffisant pour que les graines donnent, en B, quelque chose du caractère de la plante en A, la précocité dans le cas qui nous occupe, et n le nombre de générations en B pendant lesquelles se conserve ce caractère à la station froide après la vie à la station chaude.

Voici quelques-uns des résultats que je crois utile de consigner en 1933.

Dans le premier groupe, la valeur de m est encore incertaine. Elle a été de 2 en 1913, avec un premier dispositif des cultures; malheureusement ce dispositif était peu maniable et dangereux pour la sûreté et la continuation de ces cultures. Je l'ai remplacé par un deuxième très maniable, mais où les conditions du premier n'étaient pas toutes réalisées, aussi ne m'a-t-il pas donné jusqu'à présent une valeur sérieuse de m. Ceci m'a amené à réaliser, en 1931, un ensemble comprenant le deuxième dispositif et un troisième présentant la facilité de manipulation du second et la condition favorable du premier, de telle sorte que je puis comparer maintenant des cultures en plein air, des cultures sous le deuxième dispositif et des cultures sous le troisième. Un contrôle par trois thermomètres enregistreurs m'a

permis de comprendre le défaut du deuxième dispositif et me fait espérer qu'avant peu j'aurai de meilleurs résultats avec le troisième.

La valeur de n atteint 12 en 1933. La précocité se conserve donc au moins jusqu'à la 12[e] génération (12[e] G) en plein air après la vie sous châssis, non seulement à Rennes, mais encore à Alger, Marseille et Rothamsted. L'hérédité de ce caractère physiologique acquis est nette et ne semble pas s'atténuer à Rennes, si l'on en juge par la photographie ci-dessous représentant une plate-bande de 20 de mes cultures de 1933 où se trouvent, en allant de la droite vers la gauche : 12[e] G, 11[e] G, 10[e] G, 2[e] G, 2[e] G et, au treizième et au quatorzième rang, 1[re] G et 1[re] G. Ces sept cultures sont sensiblement égales et bien plus avancées que les autres et, en particulier, que la huitième culture qui est le témoin toujours en plein air.



On arrive à la même conclusion en comparant les courbes de croissance de 1922 à 1933, des cultures faites à Rennes, toujours en plein air et en $n^{\text{ième}}$ génération en plein air après la vie sous châssis, n allant de 1 (1922) à 12 (1933).

Dans le deuxième groupe, si nous limitons notre comparaison aux deux stations Alger (A) et Rennes (Re), on voit que A_3Re annonce déjà la précocité et $m = 3$; A_4Re ; A_5Re et A_6Re la manifestent encore en l'accentuant.

De plus, en cette année 1933, la précocité se conserve plus ou moins marquée dans les cultures A_3Re_4, A_4Re_3, A_5Re_2 et n atteint la valeur 4 dans le premier cas.

ZOOLOGIE. — *Les grandes subdivisions de l'ordre des Poissons hétérosomes sont-elles justiciables d'un criterium discriminatif?* Note de M. **Paul Chabanaud**, présentée par M. M. Caullery.

A l'appui de la classification des Poissons de l'ordre des *Heterosomata*, classification dont Regan est l'auteur ([1]), les différences invoquées à titre de caractères discriminatifs stables, entre les *Pleuronectiformes* et les *Soleiformes*, sont : l'orientation (oblique ou longitudinale) de la fente buccale ([2]), la liberté du limbe préoperculaire, la composition du squelette basiptérygial de la pectorale et enfin l'absence ou, lorsqu'ils existent, le mode de répartition des globules d'huile intravitellins ([3]).

Aucune différence ne saurait être retenue entre l'obliquité des mâchoires des *Trinectinæ* (= *Achirinæ*), parmi les *Soleiformes*, et ce que révèle, à cet égard, l'ensemble des *Pleuronectiformes* ([4]).

Longtemps méconnu, le sillon préoperculaire de ces mêmes *Trinectinæ* ([5]) n'est que la reproduction, à peine atténuée, de ce qui fut exagérément considéré comme l'un des apanages exclusifs des *Pleuronectiformes*.

A de rares exceptions près, le complexe basiptérygial de la pectorale des *Pleuronectiformes* comporte la série des actinostes, plus ou moins parfaitement *ossifiés*, supports des rayons dermaux; mais, chez les Soléidés à pec-

---

([1]) Regan, *Ann. Mag. Nat. Hist.*, 8e série, 6, 1910, p. 484. Cette classification comprend deux sous-ordres : les *Psettodoidea* et les *Pleuronectoidea*; ceux-ci divisés en deux superfamilles : les *Pleuronectiformes* et les *Soleiformes*. A part la présence de rayons spiniformes (caractère d'une importance relative), aucune différence essentielle ne sépare les *Psettodoidea* des *Pleuronectiformes*, et tout ce qui est dit ici à propos de ces derniers peut s'appliquer aux *Psettodes*, genre unique des *Psettodoidea*.

([2]) En dépit des apparences, la bouche de tous les Hétérosomes est « terminale », en ce sens qu'aucune partie intégrante de la tête ne dépasse le bord antérieur des mâchoires; mais, dans nombre de cas (*Rhombosoleinae*, *Soleidae*, *Cynoglossidae*), la nageoire dorsale se prolonge jusque devant la fente buccale, pouvant même contourner la région céphalique et atteindre la région pelvienne.

([3]) En cas de constance de ses modalités, ce caractère, plutôt biologique que proprement morphologique, pourrait avoir une importance de premier plan, s'il n'était invérifiable sur les œufs ovariens des spécimens de collection, seul matériel pratiquement exploitable.

([4]) Chabanaud, *Bull. Inst. Océan.*, Monaco, n° 523, 1928; et n° 555, 1930, figure 2.

([5]) Chabanaud, *Bull. Inst. Océan.*, Monaco, n° 555, 1930, p. 3.

torales bien développées (*Solea*, *Quenselia*, *Pegusa*, etc.), la persistance du quatrième actinoste est indubitable ([1]).

Si aucune de ces caractéristiques n'est exclusive à l'un ou l'autre des deux groupes considérés, il n'en est pas de même de la position de l'œil migrateur, chez l'adulte, et surtout du mode d'insertion de la partie épicranienne de la notoptère (nageoire dorsale).

Chez les *Pleuronectiformes*, le centre de l'œil migrateur (dorsal, dans sa situation définitive) se trouve en arrière de l'aplomb du centre de l'œil fixe (ventral); toutefois, dans certains cas, cet œil migrateur tend à s'avancer et surplombe l'œil fixe, qu'il dépasse même parfois, un tant soit peu. Par contre, l'œil migrateur des *Soleiformes* est *toujours* antérieur à l'aplomb de l'œil ventral.

Quant au mode d'insertion sur le crâne de la nageoire dorsale, la règle suivante prend force de loi : chez les *Pleuronectiformes*, lorsque la notoptère s'avance au-dessus de l'œil dorsal ou dépasse cet aplomb (progression qui est à son maximum chez les *Rhombosoleinæ*), les actinophores s'insèrent sur le septum extra-orbitaire (nadiral) du rhinocrâne, c'est-à-dire sur le prolongement extra-orbitaire du frontal, voire jusque sur le pleurethmoïde.

Quelle que soit, au contraire, la position du premier rayon de la notoptère des *Soleiformes*, rayon qui, en aucun cas (les *Symphurus* exceptés), n'est postérieur à l'aplomb de l'œil dorsal, l'insertion des actinophores *ne dépasse jamais*, rostralement, la limite orbitaire du neurocrâne; que ces actinophores épicraniens demeurent indépendants les uns des autres (*Trinectinae*), ou qu'ils se fusionnent (*Soleinæ ; Cynoglossidæ*) en un érisme ([2]), parfois énorme.

Selon toute probabilité, la différenciation entre ces deux types d'insertion de la partie épicranienne de la notoptère doit être connexe aux modalités, encore trop peu connues, de la migration oculaire, laquelle contourne le devant de la tête, chez les Soléidés, transperçant, au contraire, chez les Pleuronectiformes, le conjonctif des travées rhinoptiques du chondrocrâne.

Criterium absolu, d'autre part, encore que la valeur n'en soit, en quelque sorte, que progressive, puisqu'il demeure invérifiable dans les formes, peu nombreuses, il est vrai, dont la notoptère ne s'avance pas au delà du neurocrâne.

([1]) CHABANAUD, *Bull. Soc. Zool. France*, 58, 1933, p. 157 et seq., fig. 13, 14 et 15.
([2]) CHABANAUD, *Bull. Inst. Océan.*, Monaco, n° 555, 1930, p. 4 (fig. 1).

PHYSIOLOGIE. — *Utilisation totale de la chaleur de combustion de l'alcool éthylique par l'homéotherme à la neutralité thermique*. Note [1] de Mlle **Éliane Le Breton** et M. **Georges Schaeffer**, présentée par M. d'Arsonval.

Il est actuellement bien établi que l'alcool éthylique brûle dans l'organisme dès sa résorption en se substituant aux aliments — glucides, protides, lipides — présentement consommés, qu'il épargne d'autant. La question de savoir si l'énergie libérée par sa combustion est utilisable pour les travaux cellulaires en général, et le travail musculaire en particulier, reste par contre très discutée [2]. Le problème serait résolu si l'opinion récemment émise par Bonnet et Terroine [3] se trouvait vérifiée; pour ces auteurs l'alcool est une substance « thermogène » dont l'oxydation ne libère dans l'organisme aucune énergie utilisable pour les travaux cellulaires, mais exclusivement de la chaleur. En se plaçant à la neutralité thermique dans les conditions du métabolisme de base, ils recueillent chez les homéothermes, en sus de la production basale, la totalité de l'énergie potentielle de l'alcool oxydé, sous forme d'une extra-chaleur analogue à celle que donne l'ingestion des protides (action dynamique spécifique).

Étudiant l'oxydation de l'alcool éthylique dans divers états physiologiques, nous avons été conduits à faire des mesures d'échanges chez les mammifères et les oiseaux après ingestion d'éthanol. A la neutralité thermique et dans les conditions du métabolisme de base, qu'il s'agisse du lapin, du cobaye, du rat, de la souris ou du pigeon, nous avons obtenu des résultats remarquablement constants dont on trouvera ci-après quelques-uns pris comme exemples. L'ensemble de nos données expérimentales paraîtra ailleurs.

[Mesure des échanges gazeux par la méthode pondérale de Haldane sur des animaux dont le métabolisme normal est parfaitement connu; inscription des mouvements, etc. Les quantités d'alcool (à 20 pour 100) données correspondent toujours à une dose de 2^g par kilogramme, ingérée chez le lapin et le pigeon, injectée sous la peau chez le rat ou le cobaye. Après l'administration d'alcool, il a été fait une, deux ou trois mesures successives des échanges. Neutralité thermique : 21° pour le lapin; 28° pour le rat et le cobaye; 30° pour le pigeon.]

---

(1) Séance du 30 octobre 1933.

(2) Thorne M. Carpenter, *Journal of nutrition*, 6, 1933, p. 205.

(3) *Bull. Soc. Chim. biol.*, 11, 1929, p. 1223.

Espèce. Poids de l'animal en grammes.	Durée du jeûne en heures.	Mesures des échanges normaux immédiatement avant administration de l'alcool. Durée en heures.	Q. R.	Calories par kg-heure.	Quantité d'alcool en grammes et calories correspondantes.	Quantités de glucose ingérées.	Mesures des échanges immédiatement après administration d'alcool. Durée en heures.	Q. R.	Calories par kg-heure.	Variations pour 100 du Métabolisme basal.
Lapin 11 2894	62	3	0,75	**1,86**	5,8 = 42,18	0	1) 8	0,71	**1,895**	+1,8
							2) 4	0,72	**1,98**	+6
							3) 4	0,73	**1,90**	−2
Lapin 7 3046	62	3	0,77	**1,99**	6,1 = 43,31	0	1) 4	0,72	**2,04**	+2,5
							2) 4	0,73	**2,11**	+6
							3) 10	0,73	**2,09**	+5
Lapin 60 2560	72	3	0,72	**2,17**	5,1 = 36,21	0	1) 4	0,69	**2,08**	−4,5
							2) 5	0,70	**2,10**	−3,5
Id.	72	3	0,715	**2,15**	Id. à 15h,30	0	1) 4	0,69	**2,08**	−3,5
						5g à 20h	2) 4	0,81	**2,20**	+2,5
							3) 4	0,72	**2,11**	−2
Lapin 56 2560	72	3	0,729	**1,94**	5,5 = 35,5	0	1) 4	0,687	**1,90**	−2
					à 15h	5g à 20h	2) 4	0,76	**2,22**	+15,0
							3) 4	0,75	**2,01**	+3,5
Lapin 38 2680	48h, puis 7g peptone	2,5	0,78	**2,37**	5,36 = 38,05	0	4	0,74	**2,35**	(1)
Lapin 11 2822	Id.	2,5	0,74	**2,59**	5,6 = 39,76	0	3	0,70	**2,73**	(1)
Pigeon A 289	30	3(15-18h)	0,74	**5,61**	0,58 = 4,11	0	4(19-23h)	0,71	**5,44**	(2)
	48	Id.	0,71	**5,01**	Id.	0g,6	Id.	0,79	**4,74**	(2)
Pigeon B 300	30	Id.	0,73	**5,0**	0,6 = 4,26	0	Id.	0,70	**4,35**	(2)
	48	Id.	0,725	**4,78**	Id.	0g,6	Id.	0,76	**4,52**	(2)
Cobaye 5 770	24	4	0,74	**3,23**	1,54 = 10,93	0	4	0,71	**3,18**	−1,5
Cobaye 6 585	24	4	0,71	**3,20**	1,17 = 8,3	0	4	0,69	**3,25**	+1,5
Rat 28 242	18	5	0,74	**5,80**	0,48 = 3,4	0	5	0,70	**5,75**	−1
Rat 29 238	18	5	0,715	6,15	0,48 = 3,4	0	5	0,69	6,32	+2,8

(1) Act. dynam. spec. inchangée. (2) Diminution normale des échanges due au rythme nycthéméral.

Il ressort de toutes nos déterminations que, chez les homéothermes, la combustion de l'alcool éthylique n'entraîne aucune augmentation des échanges, ou si faible par rapport aux calories de l'alcool ingéré que l'introduction d'un égal volume d'eau à 40°C. dans l'organisme donnerait un effet de même grandeur. Les résultats sont identiques si le sujet, au lieu de brûler des lipides comme dans le jeûne, consomme des glucides; s'il utilise des protides, la combustion simultanée d'alcool n'ajoute rien à l'extra-chaleur de leur action dynamique spécifique. Nous reviendrons sur ce dernier cas particulièrement intéressant. Ces constatations montrent que le désaccord entre nos expériences et celles de nos prédécesseurs ne peut trouver son origine dans les durées variables de jeûne des animaux.

Nos recherches démontrent que l'oxydation de l'alcool chez les homéothermes n'entraîne aucune augmentation des échanges à la neutralité thermique, *aucune production d'extra-chaleur;* son énergie potentielle est utilisée en dehors des besoins de la thermogenèse. Si la combustion de l'alcool dans l'organisme est bien, comme l'ont soutenu Bonnet et Terroine, le type des oxydations indépendantes, non susceptibles de couplage — problème qui fait l'objet des recherches de l'un de nous —, ces réactions ne peuvent être à l'origine de l'extra-chaleur fournie par les protides (action dynamique spécifique).

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Le soufre dans l'organisme des animaux.* Note [1] de M. L. **Silberstein**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

A l'heure actuelle, nous possédons des documents analytiques relativement nombreux sur la teneur en soufre des végétaux. Au contraire, peu d'auteurs se sont préoccupés de doser cet élément chez les animaux; les rares publications sur cette question concernent seulement quelques groupes d'animaux, mais il n'existe aucun travail sur l'ensemble du règne animal.

D'autre part, il faut considérer comme inexacts presque tous les résultats signalés, car la plupart des auteurs ont effectué leurs dosages en opérant sur les cendres, et l'on sait que, dans ces conditions, les pertes en soufre sont considérables [2].

---

(1) Séance du 30 octobre 1933.

(2) Gab. Bertrand et L. Silberstein, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, **41**, 1927, p. 950; *Comptes rendus*, **189**, 1929, p. 886.

Dans nos recherches, nous avons utilisé la méthode précise, proposée autrefois par G. Bertrand pour le dosage du soufre dans le caoutchouc ([1]), méthode que G. Bertrand et nous-même avons déjà appliquée à la détermination du même élément dans la terre arable et chez les végétaux ([2]).

Nous avons effectué une série de 79 dosages sur des organes séparés ou sur des corps entiers appartenant à 27 espèces animales.

C'est ainsi que nous avons analysé la plupart des organes du cheval, du lapin, de la poule; le corps entier de la tortue, de la grenouille, de divers poissons, mollusques, insectes et vers. Nous avons examiné également la chair de l'oursin, la peau de l'anguille, les écailles de la carpe. Chez la tortue, les mollusques, les crustacés, nous avons analysé séparément le corps et la carapace ou la coquille. Nous avons opéré uniformément sur 1g de matière sèche.

Les résultats numériques que nous donnons ci-dessous sont exprimés en grammes de soufre pour 100g de matière sèche.

Chez le cheval, les poils ont accusé la teneur la plus élevée en soufre (3,63). Viennent ensuite le sabot et le cartilage (2,49 et 1,90). Enfin se sont montrés les moins riches dans l'ordre décroissant : le pancréas, le cerveau, le sang, la peau et l'os (0,64, 0,60, 0,54, 0,50 et 0,10).

Les poils et les ongles du lapin sont également les plus riches (3,52 et 3,44), tandis que dans le sang, la peau et l'os la teneur en soufre est la moins élevée (0,66, 0,62 et 0,15).

Les plumes, le bec et les ongles de la poule contiennent aussi du soufre en quantité importante (2,38, 2,04 et 1,88).

La teneur en soufre du corps de la tortue et de la grenouille, du corps des crustacés, des vers et de l'oursin est à peu près du même ordre de grandeur (0,62 à 1,09) que celle des organes principaux des mammifères et des oiseaux.

Le corps des mollusques marins s'est montré le plus riche en soufre (1,69 à 2,19) tandis que la teneur en soufre des insectes, qui d'ailleurs est assez inégale (0,23 à 0,69), est, en général, inférieure à celle des groupes précédents.

Enfin, les coquilles et les carapaces de tous les animaux, que nous avons examinés (tortue, mollusques, crustacés et oursin) sont relativement pauvres en soufre (0,04 à 0,27).

Si nous rapprochons ces résultats de ceux qui ont été publiés sur la teneur en soufre des végétaux, nous constatons que cette teneur est ici environ 3 à 5 fois plus élevée.

([1]) GAB. BERTRAND, *Caoutchouc et Gutta-Percha*, 4, 1907, p. 1201.

([2]) GAB. BERTRAND et L. SILBERSTEIN, *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 1388 et *loc. cit.*

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Sur les mesures d'intensité dans un champ ultra-sonore de faible étendue.* Note de MM. **E.** et **H. Biancani** et **A. Dognon**, présentée par M. A. Desgrez.

Dans nos recherches biologiques concernant l'action des ondes ultra-sonores sur des êtres vivants de petite dimension, nous avons dès l'abord été arrêtés par les difficultés d'étude de la répartition de l'énergie dans le bain vibrant (de quelques dizaines de centimètres cubes) utilisé dans nos recherches. Les méthodes basées sur la pression de radiation, que l'on emploie généralement dans l'étude des ondes propagées en milieu quasi indéfini, sont exclues ici par suite des violents mouvements de convection au sein du liquide des réflexions multiples, de la cavitation.

Nous avons utilisé un dispositif calorimétrique constitué par un tube de verre, de quelques centimètres cubes (tube à hémolyse) soudé à une baguette de verre de 5 ou 6^{cm} de longueur. Son extrémité inférieure étant plongée dans le bain, la vibration se transmet aisément par son intermédiaire et est partiellement absorbée par le liquide contenu dans le récipient, dont la température s'élève notablement. Cette élévation de température, en dehors évidemment de la chaleur spécifique, est fonction des propriétés absorbantes du liquide vis-à-vis des ultra-sons. Dans les conditions de nos expériences (fréquence de 250 kilocycles) on avait en 10 secondes, et pour un volume liquide de 2^{cm^3}, les accroissements suivants :

Eau : 2°; alcool : 3°,5; glycérine : 10°; huile de vaseline : 10°; solution très visqueuse de gélose : 1°.

La différence des chaleurs spécifiques ne peut à elle seule rendre compte de ces variations. Les propriétés absorbantes des divers liquides étudiés sont très différentes, et, chose intéressante, le facteur important est autre que la viscosité. C'est ainsi que les solutions (ou les gels) de gélose, à toute concentration se montrent des transmetteurs excellents, d'autant qu'il n'y existe pas le phénomène gênant de la cavitation, au moins quand la concentration est suffisante.

On peut étudier avec précision, par ce procédé, la courbe de résonance d'un quartz, et la répartition de l'énergie ultra-sonore dans les récipients d'expérience. C'est ainsi que nous avons constaté les propriétés très différentes des deux dispositifs que nous employons. Dans le premier, le

quartz est suspendu par son plan nodal dans un bain d'huile, et le récipient d'expérience entre en contact avec ce bain. Le rendement est faible et la répartition de l'énergie dans le plan horizontal (parallèle au quartz) sensiblement homogène.

Dans le second, le récipient d'expérience, ouvert aux deux bouts, est directement collé sur le quartz qui en forme le fond, et c'est l'eau de ce récipient qui constitue elle-même l'électrode. L'énergie se montre alors très nettement localisée, en un point situé dans l'axe du récipient et à 1^{cm} environ de la surface liquide. Toutes choses égales, l'énergie disponible en cet endroit est au moins cinq fois plus grande que dans le cas précédent. Ce dispositif doit évidemment être préféré pour des études portant sur des objets de petites dimensions.

A $15^h,25$ l'Académie se forme en comité secret.

La séance est levée à $15^h 30^m$.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 23 janvier 1933.)

Note de MM. *P. Carré* et *D. Libermann*, La réaction du chlorure de thionyle sur le phénol :

Page 276, ligne 1, *au lieu de* dérivé tribenzoylé, *lire* dérivé tétrabenzoylé; ligne 2, *au lieu de*

$$(C^6H^5.CO.O.C^6H^4)^3S.OH + H^2O,$$

lire

$$(C^6H^5.CO.O.C^6H^4)^3S.O.CO.C^6H^5 + H^2O.$$

(Séance du 28 août 1933.)

Note de M. *E. O. Lovett*, Sur certaines courbes qui généralisent les coniques :

Page 545, ligne 14, *au lieu de* $\frac{r'}{r}$, *lire* $\frac{\Upsilon'}{\Upsilon}$.

Page 546, ligne 3, *au lieu de* $-(\nu-\mu)$, *lire* $=(\nu-\mu)$; ligne 6, *au lieu de* $f\beta$, *lire* βf; ligne 13, *au lieu de* $r\cot\theta$, *lire* $r\cot\theta =$; ligne 22, *au lieu de* r^{m-2f}, *lire* $r^{m-2}f$; ligne 25, *au lieu de* $\frac{c}{k}$, *lire* $\frac{C}{k}$.

Page 547, ligne 5, *au lieu de* son grand, *lire* son grand axe.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 13 NOVEMBRE 1933.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES RICHET.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **W. Vernadsky**, Correspondant pour la Section de Minéralogie, qui assiste à la séance.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur un problème de la théorie des congruences de droites.* Note de M. **E. Goursat**.

La recherche des congruences de droites admettant pour surface moyenne une surface donnée (Σ) conduit à une équation de Monge à deux variables indépendantes et à deux fonctions inconnues, qui ne semble pas en général intégrable explicitement. Soient $X(u, v)$, $Y(u, v)$, $Z(u, v)$ les coordonnées d'un point M de (Σ), a, b, c les paramètres directeurs d'une droite Δ passant par le point M. Pour que la surface (Σ) soit la surface moyenne de la congruence (C) engendrée par la droite Δ, il faut et il suffit que les six fonctions X, Y, Z, a, b, c des deux paramètres u, v vérifient la relation

$$(1)\qquad \begin{vmatrix} \frac{\partial X}{\partial u} & \frac{\partial a}{\partial v} & a \\ \frac{\partial Y}{\partial u} & \frac{\partial b}{\partial v} & b \\ \frac{\partial Z}{\partial u} & \frac{\partial c}{\partial v} & c \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \frac{\partial X}{\partial v} & \frac{\partial a}{\partial u} & a \\ \frac{\partial Y}{\partial v} & \frac{\partial b}{\partial u} & b \\ \frac{\partial Z}{\partial v} & \frac{\partial c}{\partial u} & c \end{vmatrix}.$$

Dans une Note antérieure [1], j'ai énoncé en passant ce résultat :

---

[1] *Comptes rendus*, 191, 1930, p. 1403.

l'équation (1) *est de la première classe, lorsque la surface* (Σ) *est développable*. Une étude directe de ce problème conduit à des formules très simples que j'indiquerai succinctement.

Soient x, y, z les coordonnées d'un point m de l'arête de rebroussement Γ de la développable, s l'arc de cette courbe. Les lettres α, β, γ', α', β', γ', α'', β'', γ'', R, T ayant la signification habituelle, on a

$$(2)\qquad X = x(s) + v\alpha, \qquad Y = y(s) + v\beta, \qquad Z = z(s) + v\gamma,$$

les variables indépendantes étant s et v et l'on peut remplacer a, b, c par les expressions suivantes :

$$(3)\qquad \begin{cases} a = \lambda\alpha + \mu\alpha' + \nu\alpha'', \\ b = \lambda\beta + \mu\beta' + \nu\beta'', \\ c = \lambda\gamma + \mu\gamma' + \nu\gamma'', \end{cases}$$

où la signification de λ, μ, ν est évidente. Après quelques transformations faciles, la condition (1) devient

$$(4)\qquad \begin{vmatrix} 1 & \frac{\partial\lambda}{\partial v} & \lambda \\ \frac{v}{R} & \frac{\partial\mu}{\partial v} & \mu \\ 0 & \frac{\partial\nu}{\partial v} & \nu \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1 & \frac{\partial\lambda}{\partial s} - \frac{\mu}{R} & \lambda \\ 0 & \frac{\partial\mu}{\partial s} + \frac{\lambda}{R} + \frac{\nu}{T} & \mu \\ 0 & \frac{\partial\nu}{\partial s} - \frac{\mu}{T} & \nu \end{vmatrix} = 0.$$

Cette condition ne renferme évidemment que les rapports de deux des trois fonctions λ, μ, ν à la troisième. On ne peut supposer $\nu = 0$, car on en déduirait $\mu = 0$, et la droite Δ se confondrait avec la génératrice de la surface qui passe en M. On peut donc prendre $\nu = 1$, et la relation (4) devient, en développant les déterminants,

$$(5)\qquad \frac{\partial\mu}{\partial s} + \frac{1+\mu^2}{T} + \frac{\lambda}{R} + \frac{v}{R}\frac{\partial\lambda}{\partial v} - \frac{\partial\mu}{\partial v} = 0,$$

ce que l'on peut encore écrire

$$(5')\qquad \frac{D\left(s, \frac{\lambda v}{R} - \mu\right)}{D(s, v)} + (1+\mu^2)\frac{D\left(\operatorname{arc\,tang}\mu + \int \frac{ds}{T}, v\right)}{D(s, v)} = 0.$$

Posons

$$(6)\qquad \sigma = \int \frac{ds}{T}, \qquad \frac{\lambda v}{R} - \mu = t, \qquad \theta = \operatorname{arc\,tang}\mu + \sigma;$$

en multipliant le premier membre de l'équation (5') par $ds\,dv$, on peut la

remplacer par l'équation symbolique

$$\omega = d\theta\, dv + \cos^2(\theta - \sigma)\, ds\, dt = 0. \tag{7}$$

Si μ est une fonction de la seule variable s, $\mu = f(s)$, l'équation (5) devient

$$\frac{\partial}{\partial v}\left(\frac{\lambda v}{R}\right) + \frac{\partial \mu}{\partial s} + \frac{1+\mu^2}{T} = 0,$$

et l'on en déduit immédiatement la valeur de λ, qui est donnée par la formule

$$\frac{\lambda v}{R} + \left(\frac{\partial \mu}{\partial s} + \frac{1+\mu^2}{T}\right) v = \varphi(s),$$

$\varphi(s)$ étant une nouvelle fonction de s, qui peut être prise arbitrairement. Si μ dépend aussi de v, on peut prendre θ et s pour variables indépendantes, et l'équation (7) devient, avec ce choix de variables,

$$\frac{\partial v}{\partial s} - \cos^2(\theta - \sigma)\frac{\partial t}{\partial \theta} = 0. \tag{8}$$

Cette équation (8) appartient à une classe d'équations de Monge que j'ai déjà étudiées [1], et dont on peut écrire l'intégrale générale sans aucun signe de quadrature. En appliquant la méthode générale que j'ai indiquée, on montre facilement que tous les systèmes de deux fonctions v et t des variables s et θ qui satisfont à l'équation (8) sont donnés par les formules

$$\left\{\begin{aligned} v &= U(s, \theta) + \frac{T}{2}\cos^2(\theta - \sigma)\frac{\partial^2 U}{\partial s\, \partial \theta}, \\ t &= \frac{1}{2}\frac{\partial T}{\partial s}\frac{\partial U}{\partial s} + \frac{1}{2}T\frac{\partial^2 U}{\partial s^2} + \operatorname{tang}(\theta - \sigma)\frac{\partial U}{\partial s}, \end{aligned}\right. \tag{9}$$

$U(s, \theta)$ étant une fonction arbitraire des variables s et θ.

Ces formules deviennent illusoires lorsque Γ est une courbe plane. La surface (Σ) est alors un plan, et l'on connaît déjà les congruences dont la surface moyenne est un plan. Lorsque Γ est une courbe gauche, les formules (6) et (9) donnent la solution complète du problème.

On est encore conduit à une équation de Monge de la forme (8) lorsque la surface (Σ) est un cône ou un cylindre.

Les applications géométriques feront l'objet d'un travail plus étendu.

---

[1] *Bulletin des Sciences mathématiques*, 2e série, 53, 1929, p. 200.

PÉTROGRAPHIE. — *Remaniement sous-marin des nodules phosphatés de l'Albien du Bassin de Paris.* Note de M. **L. Cayeux.**

L'histoire d'une partie, pour le moins, des nodules phosphatés de l'Albien du Bassin de Paris se révèle infiniment complexe. Dans le cas des sables verts à *D. mamillatum*, on peut mettre en évidence deux ordres de faits, qui témoignent de phénomènes de remaniement, avant la mise en place définitive des rognons.

Certains nodules des sables verts de la région de La Hève sont revêtus d'incrustations de nature différente de celle de la roche mère qui les a engendrés. Un échantillon donné, très quartzeux, et pauvre en Foraminifères, est encroûté de calcaire glauconieux à Foraminifères, sans quartz. Un autre nodule, à la fois très peu glauconieux et chargé de grains de quartz, passe brusquement à des sortes de placages d'une roche phosphatée, calcarifère, riche en glauconie et dépourvue de quartz.

Ces exemples et bien d'autres démontrent que les nodules en question se sont trouvés, à un moment donné, dans une gangue très différente des sables verts qui les empâtent actuellement.

La même notion de remaniement ressort avec non moins de clarté de la constitution d'un grand nombre de nodules. Dans des conditions qui sont loin d'être élucidées, ces nodules ont été soumis à un phénomène de retrait, engendrant des fissures susceptibles de mesurer jusqu'à 2^{mm} de largeur. Les fentes, étoilées, ou disposées en réseau à très larges mailles, sont remplies de calcite, de pyrite et le plus souvent de phosphate de chaux. Un échantillon de La Hève, sectionné par le milieu, met en évidence un réseau de quelques mailles polygonales, définies par des traits, parfaitement individualisés, d'une épaisseur un peu supérieure à $0^{mm},5$. Au microscope, ces traits se résolvent en un type de phosphate de chaux, nettement différencié de celui des nodules par l'absence des nombreux éléments glauconieux et des volumineux grains de quartz associés dans les nodules. Des éléments de glauconie sont tranchés comme à l'emporte-pièce par les anciennes fissures, sans que les parties manquantes puissent être retrouvées au voisinage. Des rognons du Boulonnais et des Ardennes ont révélé des faits analogues avec des variantes qui ne font que renforcer les conclusions à formuler.

Les nodules à *H. interruptus* fournissent également de beaux exemples de

fissuration, suivie d'oblitération des fentes par un sédiment de nature différente. Un nodule très peu glauconieux, pauvre en quartz, ainsi qu'en Foraminifères, est traversé par de miuces bandelettes, constituées par un sédiment phosphaté, riche en glauconie, accompagnée de nombreux grains de quartz et de Foraminifères très fréquents. Le contraste entre les parties en présence est extrêmement accusé.

Des phénomènes du même ordre ont été observés dans les nodules phosphatés subordonnés à la gaize à *Sch. inflata* de l'Argonne. On y peut voir des veines de phosphate très glauconieux dans des nodules très pauvres en glauconie, et inversement des fentes remplies d'un phosphate très pur, non glauconieux, traversant des rognons passablement riches en glauconie, les deux manières d'être s'observant dans des nodules distincts. Et ici, comme là, il y a toujours indépendance absolue entre la matière des nodules et le produit de remplissage des vides.

Ces données nous mettent sur la trace d'un phénomène général qui a profondément influencé l'histoire des nodules albiens du Bassin de Paris. Dans tous les exemples analysés, il y a, pour ainsi dire, interpénétration intime de deux roches phosphatées distinctes, séparées comme deux matières étrangères l'une à l'autre. C'est l'évidence même, qu'une fois formés, les nodules analysés ont subi un phénomène de retrait assez prononcé pour créer un système de larges fissures, s'ouvrant à la surface et pénétrant jusqu'au cœur des éléments. Puis les fentes ont été remplies par une matière, autre que celle des nodules, au double point de vue minéralogique et organique.

De ces faits, étayés sur de nombreuses observations, on peut tirer les enseignements suivants :

1° La fissuration des rognons en de multiples points du Bassin de Paris, et à des époques différentes, ne peut être qu'un phénomène sous-marin, d'autant plus que, dans la très grande majorité des cas, le remplissage des vides a lieu vers le large;

2° La consolidation des nodules était suffisamment avancée lorsque le retrait s'est produit pour que les bords des anciennes fentes aient invariablement des angles vifs, et pour que des grains de glauconie, au lieu de se détacher de la roche, lors de la fissuration, soient tranchés par les plans de fracture;

3° Aux deux générations de phosphate de chaux qui caractérisent l'histoire de pareils nodules correspondent deux milieux générateurs distincts, ce que l'on peut traduire en disant que les nodules ont été remaniés et

entraînés sur des fonds, très différents de ceux qui leur ont donné naissance;

4° En général, le déplacement des nodules s'est opéré vers le large, conclusion imposée par la raréfaction et la diminution de calibre des minéraux clastiques, par la multiplication des Foraminifères, etc. Des exemples ne laissent aucun doute sur l'existence du phénomène contraire;

5° Dans tous les cas, la remise en mouvement des matériaux exclut l'intervention d'éléments grossiers fournis par la terre ferme, preuve que le remaniement s'est effectué sous la mer.

En réalité, l'enchaînement des circonstances qui ont abouti à la constitution des nodules, tels qu'ils sont aujourd'hui, est encore plus complexe que ne l'indiquent les faits précédents. Les nodules albiens, incrustés de témoins d'une gangue, qui n'est pas la gangue actuelle, portent en eux-mêmes la preuve d'une remise en mouvement. Ils témoignent d'un autre remaniement par le remplissage des fractures qui diffère, au point que l'on sait, de la matière même des nodules et qui, par ailleurs, ne correspond, ni au sédiment qui enrobe présentement les nodules, ni aux incrustations superficielles.

Bref, les nodules étudiés ont subi, pour le moins, deux remaniements successifs, sous l'influence de courants de fond. Le phénomène s'est reproduit dans les trois divisions de l'Albien du Bassin de Paris, et je puis ajouter dans des formations phosphatées plus récentes. Par voie de conséquence, les nodules remaniés font figure de galets, et leurs concentrations sont assimilables à des conglomérats d'origine sous-marine.

L'image qu'évoque l'étude des nodules, constitués de la sorte, est celle d'une dynamique sous-marine dont les mers actuelles n'offrent aucun exemple connu. Dans le passé, on en trouve l'équivalent, développé à grande échelle, aux diverses époques jurassiques qui ont engendré des minerais de fer oolithique, dans des conditions particulièrement favorables aux phénomènes de remaniement sous-marin.

GÉOLOGIE. — *Le sondage d'Incarville, près de Louviers (Eure).*
Note de MM. **A. Bigot** et **Raoul Fortin**.

Un sondage pour recherche de pétrole a été entrepris par M. le comte G. de Boisgelin à Incarville, près de Louviers, au voisinage de l'Eure, à la cote d'environ 18^m^.

Commencé le 10 mars 1931, avec un diamètre initial de 450^{mm}, il a été arrêté à la profondeur de 904^{m}, au sommet du Bajocien, sans avoir rencontré les hydrocarbures dont l'existence avait été affirmée en dehors de toute donnée géologique, et qui devaient se trouver à la profondeur de 400^{m}.

La première partie du sondage, jusqu'à la profondeur de 300^{m}, a été exécutée au trépan; le sondage a été ensuite continué à la couronne. Les carottes, recueillies et préparées par l'un de nous (R. Fortin), ont fourni des échantillons lithologiques et un certain nombre de fossiles qui permettent d'ajouter de nouveaux documents à ceux des sondages profonds de Saint-Martin du Vivier, de Ferrières-en-Bray et de Clères, étudiés par Douxami (1), Pierre Pruvost (2) et Marlière (3).

Dans cette première Note, nous donnons les résultats de l'étude des échantillons provenant du Jurassique, obtenus par carrotage.

Kimmeridgien et Séquanien. — Depuis 302^{m}, le sondage a traversé une série de marnes, de calcaires marneux et d'argiles, de couleur grise, dans laquelle l'*Exogyra virgula*, formant parfois lumachelle, a été rencontrée à plusieurs niveaux jusqu'à 351^{m}. Cette Exogyre est remplacée dans la partie inférieure de cette série marneuse par l'*Exog. Bruntrutana* qui l'accompagne d'abord, mais qui se rencontre seule entre 384 et 469^{m}; la distribution de ces deux Exogyres est la même qu'au Havre et à Criquebeuf. Elles sont accompagnées d'autres fossiles : *Zeilleria humeralis*, espèce de calcaires à Ptérocéres du Havre, abondante à 407^{m}, *Pholadomya Protei*, *Pterocera fusoides*, *Natica turbiniformis*, *Aspidoceras* du groupe *Orthocera*, *Goniolina geometrica*. Nous arrêterons cette série à 483^{m}, ce qui donne pour cet étage marneux et argileux une épaisseur de 191^{m}.

Sables de Glos. — Les dépôts vaseux précédents succèdent à des dépôts sableux et gréseux, traversés sur une épaisseur de 13^{m},10 (entre 493 et 506^{m},10). Les grès blancs, à grain fin, calcareux, avec petits fragments de lignite brun, sont identiques aux grès des bancs et des gros nodules des sables des environs de Lisieux. On n'a extrait à Incarville que des moules indéterminables de Lamellibranches.

Rauracien. — Au-dessous, entre 506^{m},10 et 560^{m}, on a traversé, sur une épaisseur de 53^{m},90, des calcaires, généralement grisâtres, ordinairement

(1) *Ann. Soc. Géol. Nord*, 38, 1909, p. 10-23.

(2) *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 242-244 et 386-388; *Ann. Off. Comb. liquides*, 3e année, 1928, p. 429-457.

(3) *Ann. Soc. Géol. Nord*, 56, 1931, p. 62-80.

marneux, parfois oolithiques ou sublithographiques, avec moules de Pélécypodes (*Astarte socialis* abondante à 532, 534 et 538^{m}) et quelques Gastéropodes (*Pseudomelania*, *Nerinella*). Il n'y a aucune trace de coraux.

Série oxfordienne. — A partir de 560^{m}, la série devient franchement vaseuse; elle est formée de calcaires marneux, de marnes et d'argiles de couleur grise; ce faciès se poursuit sur une épaisseur de 213^{m} (jusqu'à 773^{m}). La séparation du terme supérieur Oxfordien et du terme inférieur Callovien est peu précise. Le niveau ferrugineux du Callovien supérieur de l'Orne et de la Sarthe n'a pas été rencontré. Nous avons placé la limite supérieure du Callovien à 714^{m}, au sommet des couches où les Brachiopodes apparaissent nombreux, représentés par des espèces abondantes dans le Callovien de la Normandie et de la Sarthe.

L'Oxfordien ainsi limité a une épaisseur de 154^{m}. Il a fourni des fossiles caractéristiques dans toute la hauteur : *Cardioceras vertebrale* à 598^{m}, *Quenstedticeras*, entre 636 et 667^{m}, *Cosmoceras Dincani* à 659^{m},50 et à 668^{m}, *Oolithicia Meriani* à 613^{m}, *Perna mytiloides* et variétés entre 610 et 673^{m}, *Alectryonia gregarea*, formant lumachelle à 598^{m},50 et 547^{m},50, *Liogryphea dilatata* à 642^{m}, *Zeilleria bucculenta* à 590^{m},50, *Terebratula Galliennei* à 599^{m}, *Eryma Villersi* à 692^{m}.

Le Callovien, épais de 59^{m} (entre 714 et 773^{m}), contient : *Rhynchonella spathica* abondante entre 715 et 727^{m},50, *Zeilleria umbonella* (722, 723, 771^{m}), *Belomnopsis latesulcatus* (731, 741^{m},80, 750^{m}), *Cosmoceras Jason* (736^{m},50, 740, 744^{m}), *Brachytrema Wrighti* (723 et 727^{m},50); *Posidonomya alpina*, rencontrée à 743 et 767^{m}, est signalée pour la première fois dans le Callovien de Normandie.

Bathonien supérieur. — Les couches attribuées au Bathonien supérieur ont une épaisseur de 71^{m} (entre 773 et 844^{m}). Les calcaires blancs ou grisâtres, oolithiques, les calcaires blancs à débris très roulés et encroûtés du faciès de Langrune sont typiques dans la partie supérieure. Vers la base, les couches sont plus marneuses, grisâtres; les oolithes sont plus disséminées; il y a des intercalations de calcaires marneux. *Dictyothyris coarctata* est trouvé à 787^{m}, *Eudesia cardium* à 800 et 819^{m},50; *Zeilleria digona*, rencontrée depuis 800^{m}, se trouve jusqu'à 842^{m}, au moment où le faciès oolithique du Bradfordien remplace le faciès argileux du Bathonien inférieur.

Bathonien inférieur. — A 844^{m}, le faciès change de nouveau. On a traversé, jusqu'à 895^{m}, une série, épaisse de 51^{m}, formée de calcaires marneux, de marnes et d'argiles, de couleur grise, semblable à la série des marnes et calcaires de Port en Bessin. Elle contenait, à 867^{m}, une ammonite écrasée,

qui est peut-être l'*Oppelia fusca*, à 878^{m}, un exemplaire de grande taille, déformé de *Posidonomya alpina;* la *Rhynchonella varians* a été rencontrée à plusieurs niveaux.

BAJOCIEN. — Les derniers 9^{m} du sondage ont traversé des calcaires d'un blanc grisâtre, à grains spathiques, avec parties bréchiformes, sans fossiles. C'est un faciès de l'oolithe blanche du Bessin.

M. **F. Mesnil**, en présentant le livre de METCHNIKOFF, Associé de l'Académie, intitulé *Trois fondateurs de la médecine moderne*, *Pasteur*, *Lister*, *Koch*, s'exprime ainsi :

Les documents qui sont réunis dans ce livre datent des deux dernières années de la vie d'Élie Metchnikoff. La plupart ont paru en russe. C'est en particulier le cas des articles sur Pasteur, Lister et Koch, qui forment la majeure partie du livre. On y a joint d'abord l'allocution prononcée par Metchnikoff, le jour de son 70e anniversaire de naissance, en réponse à la lettre, également reproduite, de notre si regretté confrère le Dr ROUX. On y a joint également le dernier mémoire de Metchnikoff, intitulé *La Mort du papillon du mûrier*, où, avec une grande élévation de vues, le génial savant expose ses vues sur la mort naturelle.

Le livre a paru dans la *Nouvelle Collection scientifique* que dirige, à la librairie Félix Alcan, notre confrère ÉMILE BOREL.

M. **M. Caullery** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage sur *La Science française depuis le* XVIIe *siècle* [1], issu d'une série de conférences faites sur ce sujet, en mars 1933, au *Museum of french Art* de New-York et où il s'est efforcé de présenter, sous une forme brève et facilement accessible, un tableau général des découvertes françaises dans les divers domaines, des mathématiques à la biologie, de Descartes à l'époque contemporaine.

M. **Jean Cabannes**, par l'organe de M. **Ch. Fabry**, fait hommage à l'Académie d'un volume de M. PIERRE DAURE, ayant pour titre *Introduction à l'étude de l'effet Raman. Ses applications chimiques*, dont il a écrit la *Préface*.

---

(1) Collection Armand Colin, n° 165, Paris, 1933.

CORRESPONDANCE.

L'**Académie royale des Sciences de Suède** adresse l'expression de ses condoléances à l'occasion du décès de M. *P. Painlevé*.

L'**Académie Roumaine** adresse l'expression de ses condoléances à l'occasion du décès de M. *E. Roux*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° F. Angel. *Les Serpents de l'Afrique Occidentale Française*.

2° Muséum national d'Histoire naturelle. *Guide de l'Harmas de* J.-H. Fabre *à Sérignan* (Vaucluse). (Présenté par M. E.-L. Bouvier.)

3° *Faune de France*. 27. *Tuniciers*. Fasc. 1 : *Ascidies*, par Hervé Harant et Paulette Vernières. (Présenté par M. E.-L. Bouvier.)

4° Georges Bruhat. *Cours de Mécanique physique à l'usage de l'enseignement supérieur scientifique et technique*. (Présenté par M. A. Cotton.)

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *La distribution limite de la plus petite valeur parmi les plus grandes*. Note de M. **E. J. Gumbel**, transmise par M. Émile Borel.

Pour une distribution initiale illimitée $w(x)$ et pour N observations, la distribution $\mathfrak{w}_m$ de la plus petite valeur parmi les m plus grandes [1] peut être écrite

$$\mathfrak{w}_m = \binom{N-1}{m-1}\left(\frac{1}{W}-1\right)^{m-1}\frac{dW^N}{dx}, \tag{1}$$

où

$$W = \int_{-\infty}^{x} w(z)\,dz \tag{2}$$

est la probabilité d'une valeur inférieure à x.

[1] *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 965.

Pour une distribution initiale illimitée dans les deux directions, et symétrique ce sera aussi la distribution de la valeur absolue de la plus grande valeur parmi les m plus petites.

Le mode $\tilde{u}_m$ sera calculé par

$$W(\tilde{u}_m) = 1 - \frac{m}{N}, \tag{3}$$

pourvu qu'on ait

$$\frac{w'(\tilde{u}_m)}{w(\tilde{u}_m)} = -\frac{w(\tilde{u}_m)}{1 - W(\tilde{u}_m)}. \tag{4}$$

Pour arriver à une forme plus simple de la distribution (1) qui en général est assez compliquée, développons d'abord $W(x)$ autour du mode $\tilde{u}_m$:

$$\begin{aligned} W(x) &= W(\tilde{u}_m) + \frac{x - \tilde{u}_m}{1!} w(\tilde{u}_m) + \frac{(x - \tilde{u}_m)^2}{2!} w'(\tilde{u}_m) + \ldots \\ &= 1 - \frac{m}{N} + \frac{m}{N} \frac{(x - \tilde{u}_m)}{1!} \frac{m}{N} w(\tilde{u}_m) - \frac{m}{N} \frac{(x - \tilde{u}_m)^2}{2!} w^2(\tilde{u}_m) \frac{N^2}{m^2} + \ldots \end{aligned} \tag{5}$$

d'après (3) et (4). Ce sont les trois premiers termes du développement de

$$V(x) = 1 - \frac{m}{N} e^{-(x-\tilde{u}_m)\frac{N}{m} w(\tilde{u}_m)}, \tag{6}$$

pourvu qu'il soit légitime de poser approximativement

$$w^{(\nu-1)}(\tilde{u}_m) = (-1)^\nu \frac{N^{\nu-1}}{m^{\nu-1}} w^\nu(\tilde{u}_m) = (-1)^\nu \frac{w^\nu(\tilde{u}_m)}{[1 - W(\tilde{u}_m)]^{\nu-1}} \qquad (\nu = 2, 3, \ldots) \tag{7}$$

d'après (3). La formule (4) n'est que le cas particulier de (7) pour $\nu = 2$. Nous aurons donc approximativement

$$W^N(x) = e^{-me^{-y_m}},$$

en introduisant la nouvelle variable y_m par la transformation *finale*

$$y_m = \frac{N}{m} w(\tilde{u}_m)(x - \tilde{u}_m). \tag{8}$$

On aura

$$\frac{d\,W^N(x)}{dx} = N w(\tilde{u}_m) e^{-y_m - me^{-y_m}}. \tag{9}$$

En appliquant le même développement au premier facteur de (1) on

arrive à

$$\left(\frac{1}{W}-1\right)^{m-1}=\left(\frac{1}{1-\frac{m}{N}e^{-y_m}}-1\right)^{m-1}=\frac{m^{m-1}}{N^{m-1}}e^{-(m-1)y_m}$$

pour des valeurs suffisamment grandes de N.

Mais pour ces valeurs, on a

$$\frac{m^{m-1}}{N^{m-1}}\binom{N-1}{m-1}=\frac{m^m}{m!}.$$

Donc, la forme limite de la distribution de la plus petite valeur parmi les m plus grandes sera

$$(10)\qquad \mathfrak{w}_m=\frac{m^m}{(m-1)!}\,\frac{N}{m}\,\mathfrak{w}(\tilde{u}_m)\,e^{-my_m-me^{-y_m}},$$

où le mode $\tilde{u}_m$ et la probabilité $\mathfrak{w}_m(\tilde{u}_m)$ de la distribution (1) sont conservés. Pour $m=1$, on obtient la distribution finale de la plus grande valeur

$$(11)\qquad \mathfrak{w}_1=N\mathfrak{w}(\tilde{u}_1)\,e^{-y_1-e^{-y_1}},$$

formule déduite par R. A. Fisher [1] en posant la condition que la variable dans la distribution de la plus grande valeur soit une fonction linéaire de la variable dans la distribution initiale.

Les courbes (10) sont asymétriques. Elles descendent à gauche plus vite qu'à droite. Le calcul de ces valeurs est des plus simple, puisque les courbes sont contenues dans des intervalles assez étroites, qui se resserrent très vite pour des valeurs croissantes de m.

La distribution de la plus petite valeur parmi les m plus grandes peut être représentée pour un nombre suffisant d'observations par la formule doublement exponentielle (10), pourvu que la distribution initiale se comporte asymptotiquement comme une exponentielle. La formule devient rigoureuse si la distribution initiale est exponentielle.

GÉOMÉTRIE. — *Sur la déformation des espaces à connexion linéaire générale.* Note de M. **Paul Dienes**, présentée par M. Élie Cartan.

1. Comme un espace V_n de Riemann est complètement déterminé par ses paramètres métriques $a_{\alpha\beta}(x)$, l'espace déformé V'_n est déterminé à son

---

(1) R. A. Fisher et L. H. C. Tippett, *Proc. Cambridge, Phil. Soc.*, **24**, Part 2, Cambridge, 1928, p. 180.

tour par ses paramètres métriques $a_{\alpha\beta}(x) + \varepsilon\,\delta a_{\alpha\beta}$ *pourvu que* V_n *soit aussi un espace de Riemann.* Cette manière de définir la déformation ne s'étend pas au cas d'un espace à connexion linéaire générale.

Pour obtenir une telle définition nous remarquons tout d'abord qu'un changement de variables $y^\alpha = f^\alpha(x^1, \ldots, x^n) \equiv f^\alpha(x)$ peut être interprété géométriquement de deux manières différentes, d'abord comme une *transformation* de l'espace des points x en celui des points y, puis aussi comme un *déplacement* du point x au point du même espace aux coordonnées y.

En particulier, la géométrie de l'*espace transformé* par la transformation infinitésimale

$$y^\alpha = x^\alpha + \varepsilon\xi^\alpha(x) \tag{1}$$

est caractérisée par les paramètres métriques $\bar{a}_{\alpha\beta} = a_{\gamma\delta}\bar{A}^\gamma_\alpha \bar{A}^\delta_\beta$, et par les paramètres de connexion $\bar{\Gamma}^\alpha_{\beta\gamma} = \Gamma^\delta_{\varepsilon\eta} A^\alpha_\delta \bar{A}^\varepsilon_\beta \bar{A}^\eta_\gamma + A^\alpha_\delta \partial_\gamma A^\delta_\beta$, où $A^\alpha_\beta = \delta^\alpha_\beta + \varepsilon\,\partial_\beta\xi^\alpha$, $\bar{A}^\alpha_\beta = \delta^\alpha_\beta - \varepsilon\partial_\beta\xi^\alpha$.

Ajoutons qu'une transformation ne change pas la *géométrie* de l'espace puisque les vecteurs correspondants ont les mêmes longueurs, mêmes angles, et le parallélisme est conservé dans la transformation. Par conséquent, l'espace transformé représente dans les variables y la géométrie originelle dans les variables x.

L'espace déplacé par (1) est caractérisé par $a_{\alpha\beta}(x+\varepsilon\xi)$ et $\Gamma^\alpha_{\beta\gamma}(x+\varepsilon\xi)$. Or pour obtenir une mesure de la déformation nous devrions comparer l'espace déplacé avec l'espace originel. Comme cette comparaison directe n'est pas possible, nous comparons l'espace déplacé aux points $x+\varepsilon\xi$ avec le représentant à ce point de l'espace originel, c'est-à-dire avec l'espace transformé par (1).

2. Cette méthode nous conduit aux formules suivantes :

$$\delta a_{\alpha\beta} \equiv a_{\alpha\beta}(x+\varepsilon\xi) - \bar{a}_{\alpha\beta} = \varepsilon(\partial_\eta a_{\alpha\beta}.\xi^\eta + a_{\alpha\delta}\,\partial_\beta\xi^\delta + a_{\delta\beta}\,\partial_\alpha\xi^\delta), \tag{2}$$

$$\begin{aligned}\delta\Gamma^\alpha_{\beta\gamma} &\equiv \Gamma^\alpha_{\beta\gamma}(x+\varepsilon\xi) - \bar{\Gamma}^\alpha_{\beta\gamma} \\ &= \varepsilon(\partial_\gamma\partial_\beta\xi^\alpha + \Gamma^\alpha_{\delta\gamma}\,\partial_\beta\xi^\delta + \Gamma^\alpha_{\beta\delta}\,\partial_\gamma\xi^\delta - \Gamma^\delta_{\beta\gamma}\,\partial_\delta\xi^\alpha + \partial_\delta\Gamma^\alpha_{\beta\gamma}.\xi^\delta),\end{aligned} \tag{3}$$

ou, en notation tensorielle,

$$\delta a_{\alpha\beta} = \varepsilon(\xi^\gamma\,\nabla_\gamma a_{\alpha\beta} + a_{\alpha\gamma}\,\check{\nabla}\xi^\gamma + a_{\gamma\beta}\,\check{\nabla}\xi^\gamma), \qquad \delta\Gamma^\alpha_{\beta\gamma} = \varepsilon(\nabla_\gamma\,\check{\nabla}_\beta\xi^\alpha + R^\alpha_{\cdot\beta\gamma\delta}\,\xi^\delta), \tag{4}$$

où $\check{\nabla}$ indique la dérivation tensorielle (conjuguée) avec les paramètres $\Gamma^\alpha_{\gamma\beta}$ au lieu de $\Gamma^\alpha_{\beta\gamma}$.

3. Quant à la déformation des vecteurs et tenseurs individuels nous

remarquons que le déplacement (1) déplacera v^α, attaché à x, au point $x+\varepsilon\xi$, c'est-à-dire le remplacera par

$$(5)\qquad v^\alpha(x\,\|\,x+\varepsilon\xi)\equiv v^\alpha-\Gamma^\alpha_{\beta\gamma}v^\beta\varepsilon\xi^\gamma$$

attaché à $x+\varepsilon\xi$.

Ainsi si l'on prend le vecteur transformé $\bar{v}^\alpha=A^\alpha_\beta v^\beta$ attaché à $x+\varepsilon\xi$ pour le représentant à $x+\varepsilon\xi$ du vecteur v^α attaché à x, on obtient une première mesure de la déformation d'un vecteur

$$(6)\qquad \Delta v^\alpha\equiv v^\alpha(x\,\|\,x+\varepsilon\xi)-\bar{v}^\alpha=-\varepsilon v^\beta(\partial_\beta\xi^\alpha+\Gamma^\alpha_{\beta\gamma}\xi^\gamma)=-\varepsilon v^\beta\overset{*}{\nabla}_\beta\xi^\alpha,$$

ce que nous appellerons la *déformation directe* de v^α.

Si v^α est un vecteur d'un champ de vecteur on peut prendre $v^\alpha(x+\varepsilon\xi)$ comme le vecteur déplacé. On obtient ainsi *la déformation de v^α dans le champ donné :*

$$(7)\qquad \delta v^\alpha\equiv v^\alpha(x+\varepsilon\xi)-\bar{v}^\alpha=\varepsilon(\partial_\gamma v^\alpha.\xi^\gamma-v^\beta\partial_\beta\xi^\alpha)=\Delta v^\alpha+\varepsilon\nabla_\gamma v^\alpha.\xi^\gamma.$$

Formellement aussi $v^\alpha(x\,\|\,x+\varepsilon\xi)$ peut être considéré comme un champ de vecteurs parallèles et ainsi Δ devient un cas particulier de δ. Remarquons cependant que ces deux opérations sont bien différentes : Δ ne dépend pas d'un champ donné mais elle dépend de la connexion, tandis que δ en est indépendante.

Pour un tenseur quelconque nous avons

$$(8)\qquad \Delta T^{\alpha_1\ldots\alpha_p}_{\beta_1\ldots\beta_r}=\varepsilon\left(\sum_{s=1}^{r}T^{\alpha_1\ldots\alpha_p}_{\beta_1\ldots\gamma\ldots\beta_r}\overset{*}{\nabla}_{\beta_s}\xi^\gamma-\sum_{s=1}^{p}T^{\alpha_1\ldots\gamma\ldots\alpha_p}_{\beta_1\ldots\beta_r}\overset{*}{\nabla}_\gamma\xi^{\alpha_s}\right)$$

et

$$(9)\qquad \delta T^{\alpha_1\ldots\alpha_p}_{\beta_1\ldots\beta_r}=\Delta T^{\alpha_1\ldots\alpha_p}_{\beta_1\ldots\beta_r}+\varepsilon\xi^\gamma\nabla_\gamma T^{\alpha_1\ldots\alpha_p}_{\beta_1\ldots\beta_r}.$$

Dans un espace métrique, défini par la condition $\nabla_\gamma a_{\alpha\beta}=0$, nous avons $\Delta a_{\alpha\beta}=\delta a_{\alpha\beta}$.

4. Pour les tenseurs de structure comme $R^\alpha_{.\beta\gamma\delta}$ ou $2S^\alpha_{\beta\gamma}=\Gamma^\alpha_{\beta\gamma}-\Gamma^\alpha_{\gamma\beta}$ aussi

$$R^\alpha_{.\beta\gamma\delta}(x+\varepsilon\xi)\qquad\text{et}\qquad S^\alpha_{\beta\gamma}(x+\varepsilon\xi)$$

peuvent être pris pour des représentants. On obtient ainsi *la déformation de structure*

$$(10)\qquad DS^\alpha_{\beta\gamma}\equiv S^\alpha_{\beta\gamma}(x\,\|\,x+\varepsilon\xi)-S^\alpha_{\beta\gamma}(x+\varepsilon\xi)=-\varepsilon\xi^\delta\nabla_\delta S^\alpha_{\beta\gamma},$$

$$(11)\qquad DR^\alpha_{.\beta\gamma\delta}=-\varepsilon\xi^\eta\nabla_\eta R^\alpha_{.\beta\gamma\delta},$$

et l'on a

(12) $$\Delta T = \delta T + DT.$$

Les règles de manipulation pour les opérateurs Δ, δ et D sont

(13) $$\delta(T + T') = \delta T + \delta T', \qquad \delta(TT') = T\,\delta T' + T'\,\delta T,$$

valable aussi pour les produits contractés (saturés), et où δ peut être remplacé par Δ et par D.

Pour δ nous avons encore

(14) $$\delta(\nabla_\beta \rho^\alpha) = \nabla_\beta(\delta\rho^\alpha) - \rho^\gamma\,\delta\Gamma^\alpha_{\beta\gamma},$$

avec les formules correspondantes pour les tenseurs de type quelconque.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur l'intégration le long des continus cycliques rectifiables.* Note [1] de M. **Arnaud Denjoy.**

Dans ma dernière Note (4 septembre 1933), j'ai donné une définition analytique du *continu cyclique* (jordanien) H par la représentation de H sur un cercle orienté Ω. Les trois caractères α, β, γ de la représentation entraînent ces conséquences :

α. Si μ et μ' sont deux points de Ω définissant deux points distincts M, M' de H, *il existe sur l'arc direct* $\mu\mu'$ *de* Ω *un ensemble parfait* $\eta(\mu, \mu')$ dont *les homologues forment un arc simple* $K_0(M, M')$, d'origine M, d'extrémité M'. Aux deux extrémités d'un contigu de η correspond le même point de $K_0(M, M')$ et, si η est parcouru dans le sens direct sur Ω, K_0 est parcouru de M en M' sans autre répétition.

β. *L'ensemble parfait* $\eta(\mu, \mu')$ *est unique.* La succession $\eta(\mu, \mu') + \eta(\mu', \mu)$ peut définir divers contours fermés simples Γ, chacun représenté par un ensemble parfait sur Ω et parcouru dans un sens déterminé quand Ω est décrit positivement.

Le cas réduit où les Γ n'existent pas est caractérisé par ce fait que *sur chaque* $\eta(\mu, \mu')$ *les homologues des points de bivalence sont partout denses* (dendrite de M. Wazewski).

γ. *Les points de* H *étrangers à un contour* Γ *sont tous dans* Γ^+. *Il existe un ensemble* R *de points étrangers à* H *et communs à tous les* Γ^+.

---

(1) Séance du 18 septembre 1933.

Si (AM) est un arc-intervalle situé dans R et si M est un point au moins bivalent de H, (AM) se place dans une rotation autour de M à un rang déterminé par rapport aux arcs-intervalles situés sur H et ayant pour origine M. A ce rang correspond sur Ω *un seul homologue* μ *de* M séparant les intervalles contenant les représentations de ces arcs. Nous dirons que (AM) *définit* μ. On a les propositions suivantes :

1° P *étant un polygone* (ou une courbe simple de Jordan) *situé dans* R et *laissant* H *dans sa région négative*, $N_0, N_1, \ldots, N_p \equiv N_0$ *étant des points successifs*, par exemple des sommets, *de* P *parcouru dans le sens direct*, $M_0, M_1, \ldots, M_p \equiv M_0$ *des points de* H *tels qu'il existe des arcs-intervalles* $(N_i M_i)$ *limités aux deux points qui les désignent et n'ayant aucun autre point commun ni avec* P *ni avec* H *ni entre eux deux à deux, les homologues* μ_i *des* M_i *définis par les arcs* $(N_i M_i)$ *ne rétrogradent jamais sur* Ω *parcouru dans le sens direct.*

2° *Si* M *et* M′ *variables* (distincts ou non) *sur* H *sont liés par un arc-intervalle* (MM′) *situé dans* R, si μ et μ' *sont les homologues de* M *et de* M′ *définis par l'arc* (MM′), *la corde* $\mu\mu'$ *de* Ω *tend vers zéro avec le diamètre de* (MM′).

En conséquence, toute région composante de R a pour frontière la totalité de H et aborde tout arc $K_0(M, M')$ du côté positif; par suite, R *forme une seule région.*

Les deux définitions du continu cyclique (jordanien) sont donc équivalentes.

3° *La longueur d'un polygone d'approximation de* H, *situé dans* R *et ayant au moins dix côtés, est inférieure à vingt-quatre fois la mesure linéaire de* H.

Théorème. — *Si l'ensemble des points non extrêmes d'un continu cyclique* H *a une mesure linéaire finie, l'ensemble des points extrêmes de* H *a une mesure linéaire nulle.*

Il est possible que l'ensemble des points extrêmes d'un continu cyclique ait une mesure quadratique (aire) positive, l'ensemble des points non extrêmes ayant une aire nulle. Mais alors la longueur de ce dernier ensemble est nécessairement infinie.

Théorème A (d'intégration). — R *étant une région admettant pour frontière le continu cyclique* H, *les* Γ_n, *désignant les courbes simples de* H *ayant deux à deux au plus un point commun et dirigées de façon à renfermer* R *dans leur région positive*, $\Pi(\delta)$ *étant un polygone d'approximation de côté* δ *de* H, *laissant* H *dans* Π^- *et un point fixe de* R *dans* Π^+, P *et* Q *étant deux fonctions continues*

sur R + H, *l'intégrale* $\int_{\Pi(\delta)} P\,dx + Q\,dy$ *tend, quand* δ *tend vers zéro, vers une limite égale à* $\sum_n \int_{\Gamma_n} P\,dx + Q\,dy$.

CONSÉQUENCES. — B. *Si* P *et* Q *ont en chaque point de* R *une différentielle à coefficients finis* (mais non nécessairement continus), *vérifiant*

$$\frac{\partial P}{\partial y} = \frac{\partial Q}{\partial x},$$

on a

$$\sum_n \int_{\Gamma_n} P\,dx + Q\,dy = 0.$$

B'. *Si* $f(z)$ *est continu sur* H + R *et dérivable en* $z = x + iy$ *dans* R,

$$\sum_n \int_{\Gamma_n} f(z)\,dz = 0.$$

C. S étant l'ensemble des points de H *extérieurs* à $\Sigma\Gamma_n$,

$$\sum_n \frac{1}{2i\pi} \int_{\Gamma_n} \frac{f(z)}{z-x}\,dz = \begin{cases} f(x) & \text{si } x \text{ est dans } R + S, \\ 0 & \text{si } x \text{ est dans } \Sigma\Gamma_n^-, \end{cases}$$

B, B', C étendent des résultats de MM. Goursat et Painlevé.

Nous dirons qu'*une fonction* $F(x, y)$ *définie dans* R *est continue sur* H FACE A R, si F tend vers une limite déterminée quand $A(x, y)$ situé dans R tend vers un point quelconque M de H sur un arc-intervalle de Jordan (BM) situé dans R.

En ce cas, *cette limite ne dépend que du point* μ *de* M, *homologue de* M *défini par* (BM), *et c'est une fonction continue de* μ *sur* Ω.

Réciproquement, *toute fonction continue* $\varphi(\mu)$ *est l'ensemble des valeurs limites sur* H *d'une fonction définie dans* R *et continue sur* H *face à* R.

Quand $\varphi(\mu)$ n'est pas uniforme sur H, l'intégrale de $\varphi(\mu)$ sur H (regardé comme orienté positivement par rapport à R) s'obtient, en ajoutant aux intégrales le long des Γ_n, les intégrales sur l'ensemble de *bivalence* de chaque $\overline{K}(A_m, B_m)$, de la valeur limite $\varphi(\mu)$ du côté positif de $K_0(A_m, B_m)$, moins la valeur limite $\varphi(\mu')$ du côté positif de $K_0(B_m, A_m)$.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur le prolongement de l'homéomorphie.* Note [1] de M. C. **Kuratowski**, présentée par M. Emile Borel.

D'après un théorème de M. Lavrentieff toute homéomorphie entre deux ensembles arbitraires se laisse prolonger sur deux ensembles de première classe multiplicative [2]. Comme on verra, ce théorème est un cas particulier d'un théorème sur les fonctions et les ensembles mesurables au sens de M. Borel.

Appelons *homéomorphie de classe* α, β toute fonction biunivoque $y=f(x)$ de classe α dont la fonction inverse $x=g(y)$ est de classe β. L'homéomorphie de classe $0, 0$ est une homéomorphie dans le sens habituel.

Théorème. — *Une homéomorphie de classe* α, β *entre deux ensembles arbitraires se laisse prolonger sur un couple d'ensembles dont le premier est de classe* $\alpha+\beta+1$ *et le deuxième de classe* $\beta+\alpha+1$.

Plus précisément : soit $y=f(x)$ une homéomorphie de classe α, β qui transforme A en B; il existe alors une homéomorphie $y=f^*(x)$ de classe α, β qui transforme un ensemble A_0 de classe $\alpha+\beta+1$ (contenant A) en un ensemble B_0 de classe $\beta+\alpha+1$ (contenant B) et qui coïncide sur A avec $f(x)$.

Il existe, en effet, un ensemble A^* de classe $\alpha+1$ contenant A et une fonction $f^*(x)$ de classe α, définie sur A^* et qui coïncide avec $f(x)$ sur A [3]. De même, il existe un ensemble B^* de classe $\beta+1$ contenant B et une fonction $g^*(y)$ de classe β, définie sur B^* et qui coïncide avec $g(y)$ sur B. Désignons respectivement par K et L les « courbes » $y=f^*(x)$ et $x=g^*(y)$. Les projections de l'ensemble K.L sur les axes X et Y sont les ensembles A_0 et B_0 demandés.

---

[1] Séance du 6 novembre 1933.

[2] *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 187. Les ensembles fermés sont dits de classe 0 multiplicative. D'une façon générale, α étant un nombre transfini $<\Omega$, les produits dénombrables des complémentaires d'ensembles de classes multiplicatives $<\alpha$ sont dits de classe α multiplicative. Dans cette Note il ne s'agit que des ensembles de classes *multiplicatives*. L'espace considéré est un espace complet séparable arbitraire.

Une fonction $f(x)$ est dite *de classe* α, lorsque, quel que soit l'ensemble fermé F, l'ensemble des x tels que $f(x)$ appartient à F est de classe α.

[3] Voir ma Note des *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 19, et *Topologie*, I, § 31, *Coll. Monografje Matematyczne*, 3, Varsovie, 1933.

En effet, $h(x)$ désignant la fonction (à valeurs complexes) qui fait correspondre le point $[x, f^*(x)]$ au point x, l'ensemble A_0 se compose des x tels que $h(x)$ appartient à L. Or, l'ensemble L étant de classe $\beta+1$ [comme l'image d'une fonction de classe β définie sur un ensemble de classe $\beta+1$ (1)] et la fonction $h(x)$ étant de classe α sur A^*, l'ensemble A_0 est de classe $\alpha+\beta+1$ par rapport à A^* et ce dernier étant de classe $\alpha+1$, A_0 est de classe $\alpha+\beta+1$ (dans l'espace tout entier).

Par raison de symétrie B_0 est de classe $\beta+\alpha+1$.

Le théorème se trouve ainsi démontré.

Dans le cas particulier où A est de classe $\alpha > 0$, on pose $A^* = A$ et $f^*(x) = f(x)$. Il vient alors $A_0 = A$ et $B_0 = B$. L'ensemble K étant dans ce cas de classe α, l'ensemble B_0 est de classe $\beta+\alpha$ par rapport à B^* et celui-ci étant de classe $\beta+1$, B_0 est de classe $\beta+\alpha$ (dans l'espace tout entier). On voit ainsi *que $f(x)$ étant une homéomorphie de classe α, β (où $\alpha > \theta$) définie sur un ensemble A de classe α, l'ensemble $f(A)$ est de classe $\beta+\alpha$.*

Il en résulte que *la propriété d'être un ensemble de classe multiplicative $\alpha > \theta$ est invariante par rapport aux transformations homéomorphes de classe α, o*. L'invariance topologique en est un cas particulier.

Dans un ordre d'idées analogue on a les théorèmes suivants, dont les démonstrations paraîtront ailleurs :

Entre deux ensembles indénombrables A et B qui sont respectivement de classe $\alpha+1 > 2$ et $\beta+1 > 2$, il existe toujours une homéomorphie de classe β, α.

Chaque ensemble de classe $\alpha+1 > 1$ se laisse transformer par une homéomorphie de classe α, o en un ensemble fermé dans l'espace des nombres irrationnels.

HYDRODYNAMIQUE. — *Remarque sur certains mouvements d'une masse fluide visqueuse, isotrope et hétérogène.* Note (2) de M. **André Charrueau**, présentée par M. Henri Villat.

Considérons une masse fluide *visqueuse*, *isotrope*, *hétérogène*, soumise à certains mouvements définis plus loin et limitée par une surface S, qui

(1) Cf. W. Sierpinski, *Fund. Math.*, 2, 1920, p. 78, et F. Hausdorff, *Mengenlehre*, p. 269.

(2) Séance du 6 novembre 1933.

varie avec le temps, en restant de *révolution* autour d'un axe *immobile*. Cette masse est placée dans un milieu à pression *normale* et *uniforme*.

Prenons des coordonnées cylindriques r, φ, z, l'axe des z étant l'axe de révolution de S. La force agissant sur chaque élément de volume du fluide pourra, par exemple, provenir de l'attraction newtonienne exercée par le reste de la masse, et l'on suppose que le champ de ces forces est, à tout instant, de révolution autour de l'axe des z. Le temps étant représenté par t, posons $d\varphi/dt = \omega$, $dr/dt = s$, $dz/dt = w$. Désignons par λ, μ et ρ les deux coefficients de viscosité et la densité du fluide, *variables* dans la masse et avec le temps. Supposons cette masse telle que, pour certaines conditions satisfaites, λ, μ, ρ, ω, s et w soient des fonctions continues des *seules* variables r, z et t et que deux particules quelconques ayant, à un même instant, les mêmes coordonnées r, z, mais des φ différents, φ_1 et φ_2, parcourent deux trajectoires superposables par une rotation de la deuxième, de $\varphi_1 - \varphi_2$ autour de Oz.

Nous voulons démontrer qu'*à chaque instant, si la couche superficielle ne tourne pas d'un bloc, les surfaces de révolution* $\omega =$ const. *sont normales à la surface* S *limitant notre masse fluide*. Conservons les notations classiques des N et T de Lamé. Soient $x = r\cos\varphi$, $y = r\sin\varphi$, z, les coordonnées d'une particule, et u, v, w les composantes de sa vitesse, par rapport à trois axes rectangulaires fixes comprenant, pour axe des z, l'axe de révolution de S. On sait qu'on a, pour des fluides *isotropes, homogènes ou hétérogènes*,

$$T_1 = \mu\left(\frac{\partial w}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial z}\right), \qquad T_3 = \mu\left(\frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y}\right).$$

Soient α, β, γ les cosinus directeurs de la demi-normale extérieure de S. *Une des conditions aux limites* s'écrit

$$O = T_3\alpha + T_1\gamma \tag{1}$$

sur le demi-méridien $y = 0$, $x > 0$, pour lequel $\beta = 0$, $\sin\varphi = 0$, $\cos\varphi = 1$. Les valeurs de T_1 et de T_3, exprimées avec les coordonnées r, φ, z, se réduisent, ici, pour $\sin\varphi = 0$, $\cos\varphi = 1$, à

$$T_1 = \mu r\frac{\partial\omega}{\partial z}, \qquad T_3 = \mu r\frac{\partial\omega}{\partial r}. \tag{2}$$

Sur ce demi-méridien, nous avons, par (1) et (2), la condition nécessaire

$$\mu r\left(\alpha\frac{\partial\omega}{\partial r} + \gamma\frac{\partial\omega}{\partial z}\right) = 0. \tag{3}$$

Par hypothèse, $\mu \neq 0$, et nous laissons de côté les pôles. Comme nous considérons le cas où la couche superficielle ne tourne pas d'un seul bloc, nous *n'aurons pas*, en général, sur S, simultanément, $\partial\omega/\partial r = 0$, $\partial\omega/\partial z = 0$. Donc (3) exprime qu'en général, à chaque instant, le méridien de toute surface $\omega = \text{const.}$ coupe orthogonalement le méridien de S.

Rappelons que plusieurs auteurs ont étudié les mouvements internes des astres, en les assimilant à des rotations permanentes et en supposant le fluide sans viscosité. La condition précédente n'apparaît pas avec cette hypothèse sur la fluidité. Ici il s'agit de fluides visqueux et de mouvements non permanents plus généraux; on est conduit à envisager ces mouvements comme susceptibles d'exister, lorsque, considérant d'abord des rotations qui en sont une forme particulière, on pense ensuite à l'effet de la contraction ou de la dilatation de la masse et à la modification de sa forme par la variation des vitesses due à la viscosité. Donc, si des masses fluides visqueuses et isotropes sont le siège des mouvements considérés dans cette Note et si l'on admet qu'on puisse leur appliquer les lois de l'hydrodynamique, on parvient à la conclusion énoncée plus haut; il serait intéressant d'examiner, en tenant compte de tous les éléments de la question, si cette condition aux limites doit être retenue pour l'étude approchée des mouvements internes des astres sans croûte solide, que l'on suppose ou non le fluide parfait.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Au sujet de la détonation dans les moteurs à combustion interne.* Note de M. **P. Dumanois**, présentée par M. Jouguet [1].

Dans une Note récente [2], MM. Dufraisse et Chaux, après avoir reproduit la phrase suivante d'une de nos Notes [3] :

> Nous avons exposé précédemment [4] une théorie relative à la détonation, attribuant celle-ci aux phénomènes d'oxydation se produisant pendant la course de compression, et donnant lieu à la formation de peroxydes, au sens attribué à ce mot par MM. Moureu, Dufraisse et Chaux, ces peroxydes étant des composés instables, à décomposition exothermique,

en donnent le commentaire suivant :

---

(1) Séance du 23 octobre 1933.

(2) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 672.

(3) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 393.

(4) *Comptes rendus*, **186**, 1928, p. 292.

Cette phrase exprime que la théorie du choc dans les moteurs, désignée partout sous le nom de « théorie des peroxydes », serait l'œuvre de M. Dumanois, la contribution de MM. Moureu, Dufraisse et Chaux se réduisant à avoir attribué un sens au mot « peroxydes ».

MM. Dufraisse et Chaux ont cru devoir terminer leur Note par la phrase suivante :

En conséquence, M. Dumanois n'a aucun titre à se déclarer (ou se laisser déclarer) l'auteur de la théorie des peroxydes concernant le choc et le cognement du moteur.

Nous ne pouvons, bien entendu, prendre la responsabilité que de ce que nous avons dit et écrit. Or, dans une communication publique au deuxième Congrès du Chauffage Industriel [1], nous nous exprimions ainsi :

De nombreuses hypothèses ont été émises sur l'origine de la détonation dans les moteurs : celle qui nous paraît la plus conforme aux faits consiste à admettre, conformément aux travaux de MM. Moureu, Dufraisse et Chaux, qu'il se forme pendant la période de compression des composés instables, dont la formation est fonction croissante de la température et de la pression et dont la décomposition exothermique, au moment de l'allumage, est susceptible de déclencher l'onde explosive selon un processus analogue à celui réalisé expérimentalement avec le fulminate de mercure.

Nous exprimerons simplement le regret que, dans l'établissement de leur bibliographie si complète, MM. Dufraisse et Chaux n'aient pas eu connaissance du document précité.

Par un scrupule de mécanicien utilisant les travaux de chimistes, nous ajoutions :

A la fin de la période de compression, on a un mélange d'air, de carburant et de composés instables que M. Moureu suppose être des peroxydes, dont la présence intervient, à notre avis, de deux façons : d'une part, pour abaisser la valeur de la température d'inflammabilité et, d'autre part, pour donner les propriétés explosives au mélange.

C'est le même scrupule qui, dans la Note incriminée, par MM. Dufraisse et Chaux, nous a fait ajouter, après le rappel de la Note de 1928 [2] signalant leur antériorité, ces mots :

Donnant lieu à la formation de peroxydes au sens attribué à ce mot par MM. Moureu, Dufraisse et Chaux.

---

(1) *Comptes rendus du deuxième Congrès du Chauffage Industriel*, novembre 1928, *Chaleur et Industrie*, 2, p. 530-531.

(2) *Comptes rendus*, **186**, 1928, p. 292.

Nous regrettons que cette rédaction ait pu donner lieu à une interprétation qui n'était pas dans notre esprit.

Depuis cette époque, estimant qu'une hypothèse n'avait de valeur que confrontée avec les faits et soutenue par eux, nous avons cherché, avec nos collaborateurs, à en vérifier les conséquences dans les différents phénomènes intéressant le fonctionnement des moteurs à explosion et à combustion interne, par un ensemble de travaux qui discutait d'autant moins la priorité reconnue de la théorie des peroxydes qu'ils avaient pour but de la contrôler.

ASTROPHYSIQUE. — *Observations photométriques de l'étoile RS* Ophiuchi. Note de M[lle] **F. Bloch**, MM. **J. Ellsworth** et **S. P. Liau**, présentée par M. Ch. Fabry.

I. L'étoile RS *Ophiuchi* qui est habituellement de 11e grandeur a présenté un maximum très brillant en août 1933. D'après les observations de M. Loreta [1], sa magnitude atteignait 5,8 le 11 août, 4,3 le 12 août. Son éclat a diminué ensuite graduellement, et son spectre a montré les caractères habituels aux Novæ. Un maximum analogue, mais moins brillant (magnitude 7,7), s'était déjà produit en 1898 [2].

Nous avons suivi la décroissance d'éclat en déterminant chaque fois que l'état du ciel l'a permis la magnitude visuelle et la magnitude photographique de cette étoile.

II. Les mesures visuelles ont été faites à travers le filtre jaune Wratten n° 4, avec un photomètre à œil de chat de M. Danjon monté sur un réfracteur de 95^{mm} d'ouverture. Tandis qu'on visait directement la variable, l'étoile V *Ophiuchi* ($m = 5,50$, spectre K_0) était vue à travers les prismes. Les magnitudes adoptées ont été obtenues en comparant de la même manière l'image indirecte de V *Ophiuchi* à l'image directe de l'étoile BD-5° 4523 pour laquelle nous avons admis la magnitude visuelle 6,89 de Havard.

Les photographies ont été prises au foyer de l'objectif Zeiss de 17^{cm} d'ouverture et 120^{cm} de distance focale, et les clichés ont été étudiés au microphotomètre de Fabry et Buisson. La grande amplitude des variations

---

(1) M. Loreta nous a télégraphié de Bologne ses premières observations dès le 12 août.

(2) E. C. Pickering, *Astronomische Nachrichten*, 169, 1905, col. 45.

rendait malaisée la mesure des négatifs originaux. Suivant un procédé déjà utilisé par Schilt, nous avons mesuré des contretypes positifs de ces clichés. Le faisceau lumineux utilisé dans ces mesures couvrait toujours sur la plaque un disque plus grand que le disque clair des images stellaires.

La magnitude de la variable a été déterminée sur chaque cliché par rapport aux magnitudes de 7 étoiles de comparaison voisines. Le Tableau I donne leurs magnitudes photographiques extraites du *Draper Catalogue* et celles que nous avons adoptées après une étude préliminaire (¹).

TABLEAU I.

	Magnitudes photographiques	
	de Draper.	adoptées.
BD — 7°,4487	6,08	6,08
— 5,4523	7,89	7,92
— 5,4519	7,92	7,78
— 5,4521	8,82	9,28
— 6,4669	8,6	8,48
— 6,4667	9,6	9,22
— 6,4660	10,5	10,56

III. Les résultats de nos observations sont donnés dans le Tableau II, où l'on trouve les magnitudes photographiques Mg, les magnitudes visuelles Mv et les indices de couleur C = Mg — Mv. Nous avons profité souvent de courtes éclaircies pour faire des mesures visuelles sans qu'il soit possible de prendre des photographies. Quelques clichés obtenus au mois d'octobre n'ont pas encore été mesurés, faute d'étoiles de comparaison assez faibles.

TABLEAU II.

Date.		Mg.	Nombre de poses.	Mv.	Nombre de pointés.	Indice C = Mg — Mv.	
1933. Août	18	7,32	1	6,92	93	+0,40	
»	19	7,55	2	7,23	75	+0,32	
»	22			7,78	25		
»	23			7,87	5		Nuages
»	24	7,64	3	7,70	100	—0,06	
»	25	(8,49)?	1	(7,53)?	50		Cirrus
»	26	8,41	2	7,88	50	+0,53	
»	27	8,27	3	7,90	50	+0,37	

(¹) Nous nous proposons de réviser ces magnitudes lorsque le champ pourra être observé dans de meilleures conditions plus près du zénith.

Date.			Mg.	Nombre de poses.	Mv.	Nombre de pointés.	Indice C = Mg — Mv.	
1933.	Août	28.......	8,53	6	8,13	75	+0,40	
	»	30.......			8,43	18		Nuages
	»	31.......			8,16	25		
1933.	Sept.	1.......			8,46	25		
	»	2.......			8,37	75		
	»	3.......			8,61	25		
	»	4.......			8,32	25		
	»	5.......			8,61	25		
	»	12.......			8,76	25		
	»	14.......	9,97	5	9,01	75	+0,96	
	»	15.......	9,94	6	9,04	86	+0,90	
	»	16.......	9,99	5	9,14	50	+0,85	
	»	17.......	10,02	7	9,18	35	+0,84	
1933.	Oct.	13.......			10,13	25		
	»	14.......			10,00	25		
	»	17.......			9,98	25		
	»	18.......			10,21	25		
	»	19.......			10,38	25		

IV. On remarque sur la courbe de lumière visuelle entre les 23 août et 5 septembre une série d'oscillations d'une durée moyenne de 2 jours et de 1 à 2/10e de magnitude d'amplitude. Les mesures photographiques, rares durant cette période, montrent une oscillation analogue du 26 au 28 août. *Ces oscillations sont caractéristiques des courbes de lumière des Novæ* (¹).

L'indice de couleur paraît avoir varié d'une manière irrégulière. Du 18 au 28 août on a trouvé des valeurs comprises entre + 0,32 et + 0,53, sauf le 24 août où l'on a trouvé un indice négatif (— 0,06) (²). Du 14 au 17 septembre, les valeurs obtenues sont comprises entre + 0,84 et + 0,90. L'étoile était alors beaucoup plus rouge. Ces variations correspondent sans doute aux changements survenus dans le spectre. D'après R. Müller, les raies brillantes de l'hydrogène étaient encore intenses en septembre, tandis que les autres raies d'émission et le spectre continu étaient beaucoup affaiblis (³). La raie H_α en particulier doit influer beaucoup sur les observations visuelles.

(¹) F. J. M. Stratton, *Handbüch der Astrophysik*, 4, 1928, p. 266.

(²) Erreur moyenne de quatre mesures visuelles ± 0,05; des trois mesures photographiques ± 0,02.

(³) *Astronomische Nachrichten*, 249, 1933, col. 403; 250, 1933, col. 143.

ASTRONOMIE STELLAIRE. — *Sur la corrélation entre la vitesse d'ensemble des étoiles A et leur distance au plan galactique et sur la rotation de la galaxie*. Note de M. **Ch. Bertaud**, présentée par M. Ernest Esclangon.

1. D'après certaines recherches, la vitesse d'ensemble des géantes et des étoiles A dépendrait de leur cote par rapport au plan galactique, les points vitesses se plaçant suivant une droite de direction $l = 340°$ [(1), (2)].

Comme il faudrait tenir compte d'une telle corrélation dans toute méthode d'étude de la rotation galactique utilisant les projections des vitesses sur le plan galactique, j'ai cherché à la mettre en évidence pour les étoiles du type A dont j'ai calculé précédemment les vitesses spatiales (3). Les étoiles qui m'ont servi ont été divisées en 11 groupes suivant leur cote z, les intervalles étant de 10 parsecs, excepté les intervalles extrêmes, qui sont plus étendus.

Les résultats figurent dans les Tableaux I et II, le premier étant relatif à l'ensemble de 523 étoiles A, l'autre à cet ensemble, après élimination de 116 étoiles que j'ai assimilées, d'après leur vitesse, au courant du Taureau et à celui de la Grande Ourse.

Pour chaque groupe, N est le nombre d'étoiles, z la cote moyenne, L_0, B_0 sont les coordonnées de l'apex solaire, V_0 la vitesse du Soleil.

Tableau I (523 étoiles).

z.	N.	L_0.	B_0.	V_0.
		°	°	
−59,9	38	20,2	+53,8	8,8 km/sec
−35,3	25	35,9	+37,6	14,6 –
−24,9	35	53,3	+52,7	9,8 –
−14,8	50	3,8	+13,0	20,0 –
− 3,4	62	7,4	+13,2	14,4 –
+ 5,3	46	13,3	+12,9	13,4 –
+14,9	49	5,8	+39,0	8,9 –
+24,1	52	16,5	+20,0	12,0 –
+35,0	53	14,9	+23,7	15,2 –
+49,1	62	11,5	+21,7	13,0 –
+75,9	51	13,9	+25,3	13,8 –

(1) H. Mineur, L. Varchon, D. Barbier, Mme H. Mineur, Mlles R. Canavaggia, R. Chevalier et M. Roumens, *Bull. astron.*, 6, 1930, fasc. 8, p. 355.

(2) H. Mineur, Mlles R. Canavaggia et L. Fribourg, *Comptes rendus*, **195**, 1932, p. 208.

(3) Ch. Bertaud, *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 905.

Tableau II (407 étoiles).

z.	N.	L_0.	B_0.	V_0.
		°	°	
−59,5	26	15,2	+43,7	9,4 km/sec
−35,2	23	32,6	+34,9	15,6 –
−24,5	26	36,1	+37,3	10,9 –
−15,3	37	9,6	+14,3	18,6 –
− 3,6	45	16,0	+15,0	11,6 –
+ 5,5	40	11,9	+10,5	14,8 –
+14,7	35	358,0	+32,0	10,2 –
+23,8	36	17,1	+12,9	14,3 –
+35,1	46	13,0	+18,7	17,8 –
+49,3	50	7,8	+14,8	16,1 –
+73,9	43	11,4	+21,2	15,2 –

Autant qu'on puisse conclure avec un intervalle de variation de z aussi réduit, il ne résulte pas, de l'examen de ces résultats, que l'apex présente des variations systématiques en fonction de z, pour les étoiles A. Les apex qui résultent des intervalles pour lesquels la cote est inférieure à 20 parsecs forment un groupe nettement distinct, avec des valeurs plus grandes pour la latitude et la longitude.

2. J'ai cherché à déterminer, avec les étoiles A, un centre de rotation de la galaxie et les valeurs des constantes A et B, qui figurent dans les équations classiques de Oort.

Le principe de la méthode employée est dû à H. Mineur. Le plan galactique a été divisé en carrés de 20 parsecs de côté, contenant les projections de 5 étoiles au minimum. Les 36 carrés remplissant ces conditions contiennent 449 étoiles. Pour chacun de ces carrés les coordonnées moyennes $\bar{x}$, $\bar{y}$ et les projections de la vitesse moyenne $\overline{X}$, $\overline{Y}$ ont été calculées.

En admettant pour $\overline{X}$ et $\overline{Y}$ des expressions linéaires en $\bar{x}$ et $\bar{y}$, on obtient 72 équations de la forme :

$$\overline{X} = \alpha + a\bar{x} + b\bar{y},$$
$$\overline{Y} = \beta + c\bar{x} + d\bar{y},$$

qui, traitées par la méthode des moindres carrés, donnent α, β, a, b, c, d. La longitude l_0 du centre de rotation et les constantes A et B sont alors données par les formules :

$$\tan 2l_0 = \frac{d-a}{b+c}, \qquad A = \frac{d-a}{2\sin 2l_0}, \qquad B = \frac{c-b}{2}.$$

Les résultats sont les suivants. Les ε désignent les erreurs probables :

1° Ensemble des étoiles A (449 étoiles) :

$$A = +0{,}039, \quad B = -0{,}038, \quad l_0 = 16°{,}4,$$
$$\varepsilon_A = \pm 0{,}027, \quad \varepsilon_B = \pm 0{,}013, \quad \varepsilon_{l_0} = \pm 8°{,}6.$$

2° Après élimination des étoiles du courant du Taureau et du courant de la Grande Ourse (346 étoiles) :

$$A = +0{,}036, \quad B = -0{,}020, \quad l_0 = 29°{,}9,$$
$$\varepsilon_A = \pm 0{,}015, \quad \varepsilon_B = \pm 0{,}013, \quad \varepsilon_{l_0} = \pm 10°{,}5,$$

A, B et l_0 dépendent du type spectral des étoiles employées. On voit qu'avec les étoiles du type A, les valeurs obtenues diffèrent notablement des moyennes des déterminations, qui sont :

$$A = +0{,}016, \quad B = -0{,}015, \quad l_0 = 330°.$$

ÉLECTRONIQUE. — *Possibilité de matérialisation par interaction d'un photon et d'un électron.* Note de M. **Francis Perrin**, présentée par M. Jean Perrin.

La matérialisation d'une paire d'électrons positif et négatif, avec disparition d'un photon d'énergie suffisante [1], ne peut se produire que par interaction de ce photon avec un élément matériel, de façon qu'il puisse y avoir conservation de l'impulsion en même temps que de l'énergie. Les matérialisations envisagées et observées jusqu'ici font intervenir la présence d'un noyau atomique, particule de grande masse susceptible de prendre une impulsion importante pour une énergie cinétique négligeable. La matérialisation peut alors se produire dès que l'énergie $h\nu$ du photon incident dépasse la somme $2mc^2$ des énergies correspondant aux masses supposées égales des électrons créés (soit environ un million d'électron-volts).

Il semble qu'une telle matérialisation doive pouvoir aussi se produire par interaction d'un photon et d'un électron libre déjà existant; mais la conservation de l'impulsion exige que cet électron prenne une énergie cinétique importante, si bien que l'énergie nécessaire du photon incident devra être plus grande que dans le cas de l'interaction avec un noyau.

---

(1) Chadwick, Blackett et Occhialini, *Nature*, **131**, 1933, p. 473; I. Curie et F. Joliot, *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1105 et 1581; Anderson et Nedermeyer, *Phys. Rev.*, **43**, 1933, p. 1034; I. Curie et F. Joliot, *Journ. de Phys.*, **4**, 1933, p. 494.

Pour trouver l'énergie minimum que doit avoir un photon pour pouvoir produire une matérialisation en rencontrant un électron de masse m initialement au repos dans le référentiel d'observation R, considérons le référentiel R' pour lequel l'impulsion totale du système photon-électron est nulle. Soient βc la vitesse relative des deux référentiels, ν et ν' les fréquences du photon mesurées dans R et R'; nous devons avoir $h\nu'/c - m\beta c/\sqrt{1-\beta^2} = 0$. Or, d'après la formule de l'effet Doppler, on a $\nu' = \nu\sqrt{1-\beta/1+\beta}$, ce qui donne par élimination de ν', $\beta = \alpha/1+\alpha$, en désignant par α le quotient $h\nu/mc^2$ de l'énergie du photon dans le référentiel R par l'énergie intrinsèque propre de l'électron au repos.

Dans le référentiel R' l'impulsion totale étant nulle, les trois électrons présents après la matérialisation peuvent être immobiles, aucune énergie ne subsistant sous forme cinétique; toute l'énergie initialement disponible, c'est-à-dire l'énergie du photon plus l'énergie cinétique de l'électron primitif, peut donc être employée à la création de la masse propre $2mc^2$ de deux électrons au repos. La fréquence minimum ν_0, pour laquelle un photon sera susceptible de produire une matérialisation sur un électron, est donc déterminée par la relation

$$h\nu'_0 + mc^2\left(\frac{1}{\sqrt{1-\beta_0^2}} - 1\right) = 2mc^2$$

avec

$$\nu'_0 = \nu_0\sqrt{\frac{1-\beta_0}{1+\beta_0}}, \qquad \beta_0 = \frac{\alpha_0}{1+\alpha_0}, \qquad \alpha_0 = \frac{h\nu_0}{mc^2},$$

d'où l'on déduit

$$\alpha_0 = 4, \qquad \beta_0 = \frac{4}{5}.$$

La matérialisation sur un électron est donc seulement possible si l'énergie $h\nu$ du photon incident est supérieure à $4mc^2$, c'est-à-dire au double de l'énergie nécessaire pour une matérialisation sur un noyau. Pour un photon ayant cette énergie minimum $4mc^2$ (environ deux millions d'électron-volts), la moitié de l'énergie sert à créer la masse propre des électrons matérialisés, et l'autre moitié se retrouve sous forme d'énergie cinétique; l'électron heurté et les deux électrons créés, étant en effet alors laissés au repos dans le référentiel R', sont projetés par rapport au référentiel d'observation R dans la direction de propagation du photon incident, avec la même vitesse $\beta_0\, c = 4/5\, c$, vitesse qui correspond pour chacun d'eux à une énergie cinétiquc égale à $2mc^2/3$ (environ 340 000 électron-volts).

Pour une énergie du photon incident plus grande que $4mc^2$, la matérialisation sur un électron donnera encore trois trajectoires d'électrons (deux négatifs, un positif) dirigées vers l'avant, mais d'énergies et d'inclinaisons diverses. Les énergies des électrons dans une telle fourche triple doivent être comprises entre les limites extrêmes déterminées par la formule

$$\varepsilon = \frac{\alpha^2 - 2\alpha - 2 \pm \alpha\sqrt{\alpha(\alpha-4)}}{2\alpha+1} mc^2,$$

et l'angle maximum d'inclinaison des trajectoires électroniques par rapport à la direction d'incidence du photon est donné par la relation

$$\cos\theta_M = \frac{2}{\sqrt{\alpha}}.$$

Pour la radiation γ pénétrante du thC″ ($h\nu = 2{,}649.10^6$ eV), on a $\alpha = 5{,}17$, ce qui donne

$$\varepsilon_m = 0{,}173\,mc^2 = 75\ \text{KVe} \qquad \varepsilon_M = 2{,}39\ mc^2 = 1225\ \text{KVe} \qquad \theta_M = 28°{,}4.$$

Lorsqu'une matérialisation sur un électron est possible, on peut penser que sa probabilité est du même ordre de grandeur que celle d'une matérialisation sur un proton, car la distribution des champs électriques est la même dans ces deux cas (sauf pour les distances inférieures au rayon de l'électron, ce qui ne doit pas intervenir de façon importante). La probabilité de matérialisation sur un noyau croissant comme le carré de sa charge ([1]), dans le cas d'un atome de nombre atomique Z la probabilité d'une matérialisation sur un quelconque des électrons planétaires doit être environ Z fois plus petite que celle d'une matérialisation sur le noyau. On devrait ainsi observer dans l'air une fourche triple pour 5 à 10 fourches doubles, et à peu près autant de fourches triples dans le xénon que de fourches doubles dans l'air. L'observation du phénomène décrit ici paraît donc possible.

([1]) Oppenheimer et Plesset, *Phys. Rev.*, 44, 1933, p. 53.

ONDES HERTZIENNES. — *Fonctionnement du radiomètre de Crookes dans la décharge à haute fréquence*. Note de M. **Th. V. Ionescu**, présentée par M. A. Cotton.

On peut modifier le régime de fonctionnement d'un oscillateur en introduisant entre les plaques du condensateur du circuit oscillant un tube où la pression a été réduite entre 10^{-3} et 10^{-1} mm Hg.

Il existe deux régimes (¹) :

a. Dans le premier cas, l'oscillateur fournit peu d'énergie même quand on chauffe fortement, à condition d'augmenter le chauffage petit à petit;

b. Dans le second, pour le même chauffage, l'oscillateur donne une quantité beaucoup plus grande d'énergie; pour passer facilement à ce régime, il suffit d'enlever quelques instants une des plaques.

Les deux régimes sont modifiés par un champ magnétique extérieur perpendiculaire aux lignes de forces électriques, mais d'une manière différente.

J'ai essayé d'étudier l'énergie consommée à l'intérieur du gaz ionisé au moyen du radiomètre.

Beauvais a construit un radiomètre très sensible aux ondes électriques sur lesquelles il est accordé (²).

J'ai employé celui de Crookes, composé d'un moulinet en mica noirci avec du noir de fumée. Il est sensible aussi bien aux ondes électriques qu'aux ondes lumineuses. Le radiomètre peut être placé soit avec son axe de rotation parallèle aux plaques du condensateur lorsqu'on travaille dans le champ magnétique, soit perpendiculairement à celles-ci quand on travaille sans champ magnétique.

On chauffe lentement l'oscillateur, la décharge ne passe pas dans le radiomètre; le moulinet tourne dans le sens habituel, c'est-à-dire que les faces non noircies sont en avant. La vitesse de rotation augmente avec l'intensité du courant dans l'oscillateur et elle devient très grande si le courant dans le circuit oscillant est compris entre 0,2 et 0,3 ampère. Le noir de fumée s'échauffe beaucoup plus que le mica grâce aux courants induits.

(¹) *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1292 et 1873.

(²) *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 1904.

Dès que la décharge passe dans le radiomètre, le moulinet continue sa rotation dans le même sens mais beaucoup plus lentement. Si l'on emploie un champ magnétique qui porte les électrons libres à la résonance le moulinet s'arrête; pour des valeurs plus grandes du champ magnétique, l'ionisation augmente et le moulinet tourne rapidement, toujours dans le sens direct pour toutes les pressions.

Dans le deuxième régime et pour des pressions plus élevées que 1.5×10^{-2} mmHg le moulinet tourne dans le sens direct, mais pour des pressions plus basses, il tourne en sens inverse. On observe la même chose dans l'air et dans l'hydrogène pour la longueur d'onde de $4^{m},5$ avec laquelle j'ai travaillé.

On règle la pression dans le deuxième régime de sorte que le moulinet ne tourne plus.

Si l'on coupe le courant, l'ionisation disparaît, mais le moulinet commence à tourner dans le sens inverse pour s'arrêter ensuite.

Voici l'explication de ces phénomènes : Le moulinet est chauffé par les radiations du gaz ionisé que les faces noircies absorbent, par les courants induits dans ces mêmes faces et par le bombardement électronique frappant les deux faces. Il se refroidit grâce à la conductibilité du gaz et aussi parce que les faces noircies perdent de la chaleur par rayonnement.

Dans le deuxième régime, pour des pressions plus petites que 15×10^{-2} mmHg la chaleur perdue par radiation est très grande pour les faces noircies, elles deviennent plus froides que les autres faces et le radiomètre tourne dans le sens inverse.

Pour 15×10^{-2} mmHg les pertes de chaleur pour les deux faces sont telles qu'elles restent à la même température. Le radiomètre ne tourne pas, mais dès qu'on coupe le courant, les causes d'échauffement disparaissent, les faces noircies se refroidissent plus vite, et le radiomètre tourne en sens inverse.

MAGNÉTOOPTIQUE. — *Sur l'extinction magnétique de la fluorescence de la vapeur d'iode.* Note de M. **Jean Genard**, présentée par M. A. Cotton.

Il est connu, depuis de nombreuses années déjà, que la fluorescence visible de l'iode est fortement éteinte par le champ magnétique; le phénomène, découvert par Steubing [1] en 1913, fut ensuite étudié expérimenta-

[1] Steubing, *Verh. d. D. Phys. Ges.*, **15**, 1913, p. 1181; *Ann. d. Phys.*, **58**, 1919, p. 55; **64**, 1921, p. 673.

lement par Wood et Ribaud, Oldenberg, Turner, Berg et Agarbiceanu (1). Une première interprétation théorique, basée sur l'hypothèse d'une dissociation des molécules excitées, fut proposée dès 1921 par Franck et Grotrian (2); l'expérience ne put malheureusement la confirmer. En 1932, Van Vleck (3) proposa une interprétation plus vraisemblable; si, comme il paraît se confirmer actuellement, le niveau électronique normal de la molécule d'iode est ${}^1\Sigma_g^+$, tandis que le niveau excité stable répond à la notation ${}^3\Pi_{0u}^+$, il doit très probablement exister un niveau intermédiaire instable, interdit dans les conditions normales d'excitation; si l'activation des molécules s'opère en présence d'un champ magnétique extérieur, ce niveau devient partiellement permis, une des règles de sélection devenant caduque. Grâce à cette hypothèse, Van Vleck a pu déterminer une formule théorique liant l'affaiblissement Q de la fluorescence au champ magnétique extérieur H :

$$(1) \qquad Q = \frac{bH^2}{a + bH^2},$$

la quantité b/a étant indépendante de H.

Lors d'un travail expérimental antérieur (4), nous avions commencé l'étude quantitative de l'extinction de la fluorescence de l'iode en fonction du champ magnétique dans le but de vérifier l'hypothèse de Van Vleck; malheureusement, nos résultats ne parurent pas la confirmer; la fluorescence ne semblant pas tendre vers une extinction complète pour des champs très élevés, comme le requiert la formule (1).

Cette particularité, ainsi que l'allure même de la courbe obtenue, nous parurent, par la suite, assez surprenantes; aussi, nous sommes-nous décidés à reprendre l'étude quantitative du phénomène en apportant le plus grand soin aux mesures photométriques. Les expériences ont été refaites à l'aide de l'électro-aimant de l'Académie des Sciences de Paris qui nous permettait d'atteindre des champs beaucoup plus élevés que ceux employés précédemment, et cela dans des conditions expérimentales plus aisées.

---

(1) Wood et Ribaud, *Phil. Mag.*, 27, 1914, p. 1009; Oldenberg, *Zeitsch. für Phys.*, 57, 1929, p. 186; Turner, *Zeitsch. für Phys.*, 65, 1930, p. 464; Berg, *Zeitsch. für Phys.*, 89, 1932, p. 79; Agarbiceanu, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 760.

(2) Franck et Grotrian, *Zeitsch. für Phys.*, 6, 1921, p. 35.

(3) Van Vleck, *Phys. Review*, 40, 1932, p. 544.

(4) *Zeitsch. für Phys.*, 77, 1932, p. 791.

La fluorescence visible de l'iode a été excitée par un arc au mercure très intense d'un type spécial (les détails de l'installation paraîtront dans un travail plus complet). Les mesures photométriques ont porté sur les termes 1 et 3 de la série de résonance excitée, à la température de la chambre, par la raie λ 5461 HgI. Cette fluorescence a été photographiée dans des champs magnétiques croissant de 0 à 42600 gauss; un spectre d'essai ayant montré que l'intensité restante de la fluorescence pour un champ plus élevé est trop faible pour être mesurée photométriquement dans de bonnes conditions.

Chaque cliché comprenait la gamme de spectres sous les différents champs et était accompagné de trois groupes de marques d'intensités prises à l'aide d'un échelon que nous a gracieusement offert le Laboratoire du professeur Ornstein à Utrecht.

Le tableau suivant contient le résultat du photométrage des clichés.

	Intensités.		
Champs.	Raie I.	Raie 3.	Moyennes.
G			
0	100	100	100
6600	98,6	95,6	97,1
9900	95,8	90,7	93,2
14900	75,0	75,3	75,1
19600	53,1	57,1	55,1
24600	39,3	43,1	41,2
29300	32,1	35,7	33,9
34300	26,0	29,7	27,8
42600	19,3	trop faible	–

Ces résultats, transcrits sous forme de graphique, paraissent en bon accord avec la formule théorique de Van Vleck. En effet, si l'on admet l'hypothèse de prédissociation magnétique, la formule (1) ci-dessus doit représenter une courbe de probabilités tangente à la direction de l'axe des H aux points $H = 0$ et $H \to \infty$, c'est-à-dire que l'intensité de la fluorescence doit tendre vers zéro quand le champ grandit indéfiniment. Cette courbe de probabilités doit aussi présenter un point d'inflexion pour les valeurs

$$(2) \qquad Q = \frac{1}{4} \quad \text{et} \quad H = \sqrt{\frac{a}{3b}},$$

la tangente en ce point valant

$$(3) \qquad \tan\alpha = \frac{9}{8}\sqrt{\frac{b}{3a}}.$$

Le point d'inflexion de notre courbe expérimentale tombe pratiquement (aux erreurs de tracé près) au point $H = 15000^G$ et $Q = 1/4$ (ou $I = 7,5$).

Nous avons tracé graphiquement la tangente à la courbe en ce point et mesuré $\operatorname{tang}\alpha = 2,3$.

La formule (2) a donné, pour le paramètre b/a,

$$\frac{b}{a} = 1,5.10^{-9},$$

et le calcul de (3) a fourni $\operatorname{tang}\alpha = 2,5$, ce qui est en accord très suffisant avec la valeur mesurée graphiquement.

OPTIQUE. — *Remarques sur la découverte de la diffusion moléculaire de la lumière par les liquides purs.* Note de M. **Albert Turpain**, présentée par M. A. Cotton.

Il y a 65 ans, Alexandre Lallemand observait que, lorsqu'un faisceau lumineux incident traverse un tube de verre horizontal plein d'eau rigoureusement pure :

1° Si l'on opère en lumière neutre, le faisceau étant observé dans une direction transversale, l'eau paraît illuminée. Analysée par un nicol, cette illumination se montre polarisée dans un plan passant par l'axe du tube;

2° Si la lumière incidente est polarisée (la vibration de Fresnel étant verticale) l'illumination est alors maximum pour une visée latérale horizontale; l'obscurité est complète en visée verticale.

« C'est, écrit Lallemand, une véritable propagation du mouvement vibratoire au sein de l'éther condensé du milieu réfringent, propagation qui a lieu exclusivement dans le plan de polarisation de la lumière incidente et cela dans toutes les directions. »

Ces expériences furent communiquées à l'Académie le 19 juillet 1869 par Balard [1]. On lit, en note de la page 189 : « l'Académie décida que cette Note, bien que dépassant les limites réglementaires, serait insérée en entier aux *Comptes rendus* ».

Lallemand publia sur ce phénomène, de 1869 à 1874, sept autres Notes aux *Comptes rendus* [2] et en exposa l'étude en deux mémoires aux *Annales de Chimie et de Physique*, 4e série, 22, 1871, p. 200 à 234, et 5e série, 8, 1876, p. 93 à 137.

---

(1) *Comptes rendus*, **69**, 1869, p. 189.

(2) *Comptes rendus*, **69**, 1869, p. 282, 917 et 1294; **75**, 1872, p. 711; **77**, 1873, p. 12; **78**, 1874, p. 1272, et **79**, 1874, p. 693.

Lallemand réfuta l'opinion de J.-L. Soret (*Comptes rendus*, 69, 1869, p. 1192) qui crut voir dans ses expériences une répétition de l'expérience de Tyndall, inspirée par Stokes, sur la diffusion de la lumière par les milieux troubles. Lallemand indique les précautions très particulières et assez laborieuses qui permettent d'obtenir de l'eau débarrassée de toute particule en suspension, si petite soit-elle. Il remarque que les liquides organiques très mobiles sont plus aisés à purifier complètement. « Le repos et la décantation », ajoute-t-il, « sont les seuls moyens à employer. Les filtrations, même répétées, restent impuissantes à dépouiller un liquide des immondices de l'atmosphère. » Ses recherches intéressent nombre de milieux transparents, liquides et solides. Parmi les solides, le sel gemme, le spath, le quartz hyalin s'illuminent peu; les divers verres et surtout les substances douées de polarisation rotatoire présentent de remarquables phénomènes. Un faisceau polarisé traverse un tube de verre de 70 à 80^{cm} de long, plein d'une dissolution concentrée de sucre dans l'eau. On remarque des couleurs variables d'un point à l'autre du faisceau, changeantes avec l'azimut; les directions normales au faisceau incident qui suivent une même teinte décrivent une hélice dont le pas et la longueur de la colonne du liquide sucré qui fait tourner de 360° la vibration colorée suivie. L'illumination latérale prismatique est du plus curieux effet.

C'est à propos de cette expérience, qui paraît aujourd'hui un peu oubliée, que Mascart, dans une Note lue à l'Académie, le 5 avril 1886, quinze jours après le décès de Lallemand, qui était Correspondant de l'Institut, écrit qu'elle « est une des plus brillantes que l'on puisse réaliser, matérialisant, pour ainsi dire, le pouvoir rotatoire » (*Comptes rendus*, 102, 1886, p. 786).

Le sulfure de carbone, qu'on peut obtenir très pur, s'illumine très énergiquement.

Lallemand étudia les dissolutions salines incolores : les sels qui augmentent beaucoup l'indice de réfraction de l'eau accroissent d'autant son pouvoir d'illumination. L'influence de la densité est très nette avec les hydrocarbures saturés tirés de la distillation fractionnée de l'essence de pétrole, depuis l'hydrure d'amyle jusqu'à l'hydrure de décyle. Cette influence de la densité a été retrouvée par Raman.

Lallemand effectua sur le phénomène qu'il a découvert des mesures photométriques et des observations spectroscopiques. Un des mémoires de Lallemand (*Ann. de Ch. et de Phys.*, 5e série, 8 1876, p. 93) fait prévoir les résultats obtenus soixante ans plus tard par Raman.

Lallemand fut sans conteste le premier qui établit, expérimentalement, qu'il n'existe pas de milieux optiquement vides.

En maints passages de ses publications sur le sujet, en particulier au Mémoire précité, il a, le premier :

1° Établi qu'il s'agit d'une réflexion par les molécules du liquide pur;

2° Prévu une partie de l'effet Raman, en particulier lorsque, rappelant tous les phénomènes d'illumination qu'il a décrits et analysés, il écrit, aux premières lignes du même Mémoire (p. 93) :

L'illumination résulte donc de deux effets superposés, et la lumière qui la compose est formée de deux espèces de rayons : les uns, toujours de même réfrangibilité que les rayons incidents, sont ou partiellement ou complètement polarisés, etc...., les autres, dont la longueur d'onde est souvent supérieure à celle des rayons excitateurs.....

Plus loin (p. 102, l. 8, à partir du bas) il prévoit que « la polarisation atmosphérique est un phénomène de dissémination moléculaire semblable à celui que nous offre un liquide illuminé ».

FLUORESCENCE. — *Sur la polarisation des bandes de fluorescence de la vapeur de mercure.* Note de M. **Georges Zieliński**, présentée par M. M. de Broglie.

Dans la série des bandes de fluorescence de la vapeur de mercure il apparaît un système de bandes, remarqué pour la première fois par Steubing [1] qui s'étend de 2345 U. A. à 2010 U. A. [2]. Ce système présente une structure dite de fluctuations et, dans le domaine de 2322 U. A. à 2064 U. A., l'on peut y compter 23 maxima dont les positions dépendent d'ailleurs de l'excitation.

Les bandes de Steubing sont analogues aux bandes de Van der Lingen observées dans la fluorescence de la vapeur de cadmium [3] et dans lesquelles on a découvert la polarisation : fait observé pour la première fois dans les bandes de fluctuations [4]. On a constaté que dans le cas de l'excitation par la lumière naturelle le degré de polarisation P est égal à 5,5 pour 100 et dans le cas de l'excitation par la lumière rectiligne P atteint la valeur de 11 pour 100, l'observation ayant lieu dans la direction perpen-

---

(1) *Phys. Zs.*, **10**, 1909, p. 787.

(2) S. Mrozowski, *C. R. de Soc. Pol.*, **4**, 1929, p. 221.

(3) P. Pringsheim, *Hand. der Phys.*, 2 aufl. XXIII/1.

(4) L. Sosnowski, *Comptes rendus*, **195**, 1932, p. 224; *Acta Phys. Pol.*, **1**, 1932, p. 327.

diculaire au vecteur électrique de la lumière excitatrice. Ce degré de polarisation reste constant pour les pressions de la vapeur saturante de cadmium de 40 à 1000^{mm} de mercure.

Par analogie on pouvait penser que les bandes de Steubing dans la fluorescence de la vapeur de Hg devraient être également polarisées. C'est pour examiner ce problème qu'il a été procédé à l'expérience suivante.

La vapeur de Hg était contenue dans un petit récipient de silice construit de manière à pouvoir changer les pressions de vapeur indépendamment de la température. La fluorescence était excitée à l'aide de la lumière de l'étincelle de Zn. Dans ce cas le premier maximum se trouve aux environs de 2320 U. A. suivi immédiatement d'une série de maxima s'échelonnant jusqu'à la troisième raie excitatrice de 2100 U. A.; 2063 U. A. et 2026 U. A. (1). Cette excitation donne également de larges bandes continues de maxima de 4850 U. A. et 3300 U. A. environ.

A l'exemple de M. Sosnowski (2) nous avons poursuivi l'investigation de la polarisation à l'aide de la lame de Savart jointe au prisme de Wollaston. On a pu constater sans difficulté et d'une façon nette que les bandes de Steubing étaient partiellement polarisées dans le plan déterminé par la direction du faisceau excitateur et par celle de l'observation. Pour déterminer le degré de polarisation on a employé, comme compensateur, une simple plaque de quartz fondu. On a trouvé que, dans le cas de l'excitation par la lumière non polarisée et de la direction d'observation perpendiculaire à la direction de la lumière excitatrice, le degré de polarisation P était égal à 5,6 pour 100 (3) (les différentes déterminations variant de $\pm$ 0,4 pour 100). Entre les limites de température de 235° C. à 380° C., correspondant aux changements de pression de la vapeur saturante de Hg de 50^{mm} Hg à 1140^{mm} Hg environ, nous n'avons pas constaté de changement dans la valeur du degré de polarisation P.

Il est particulièrement important de noter que, dans l'émission des bandes de Steubing, les chocs jouent sans aucun doute le rôle prépondérant (4). En prenant les valeurs moyennes de la théorie cinétique, on trouve que dans le domaine de température de 235° C. jusqu'à 380° C. la durée du parcours libre varie entre 1×10^{-9} à 4×10^{-11} sec. Ce temps est certainement

(1) S. MROZOWSKI, *loc. cit.*

(2) L. SOSNOWSKI, *loc. cit.*

(3) $P = J' - J'' / J' + J''$ où J' est l'intensité de la composante maxima et J'' celle de la composante minima.

(4) P. PRINGSHEIM, *Zs. Phys.*, 47, 1928, p. 330.

plus court que celui de la vie moyenne des molécules excitées d'où il résulte que la polarisation subsiste malgré les multiples chocs.

L'attention doit être également attirée sur le fait de l'indépendance entre le degré de polarisation P et la pression de la vapeur dans de si larges limites ([1]). Il est également intéressant de constater que la valeur de P est égale à celle constatée pour les bandes de Van der Lingen dans la fluorescence de la vapeur de Cd. En outre, il faut remarquer que les bandes continues des maxima de 4850 U. A. environ et de 3300 U. A. ne montrent pas de trace de polarisation. Ce résultat concorde avec le fait constaté par M. Sosnowski pour la fluorescence de la vapeur de cadmium.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur l'absorption des rayons γ pénétrants.* Note de M. **W. Gentner**, présentée par M. Jean Perrin.

Au cours de nos recherches ([2]) sur l'absorption des rayons γ de différentes longueurs d'onde par le plomb nous n'avons pas observé d'irrégularités du coefficient d'absorption pour la longueur d'onde de 6,6 U.X, comme Chao ([3]) l'avait signalé. Cet auteur mesurait par la méthode d'ionisation la différence entre le coefficient d'absorption par électron du plomb et d'aluminium. Chao a repris ses recherches ([4]) par la méthode du compteur Geiger-Müller et trouve pour la longueur d'onde de 6,6 U.X. un minimum du rapport de l'absorption du plomb à celle de l'aluminium.

En utilisant les résultats de mes expériences on peut voir que l'existence de ce minimum ne présente pas d'intérêt particulier, ce qui est contraire à la conclusion de Chao.

J'ai porté dans la deuxième colonne de la table suivante le coefficient d'absorption μ_e par électron du plomb mesuré expérimentalement ([2]) pour certaines longueurs d'onde λ.

([1]) L. Sosnowski, *loc. cit.*
([2]) W. Gentner, *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 403.
([3]) C. Y. Chao, *Proc. Roy. Soc.*, 135, 1932, p. 206.
([4]) C. Y. Chao, *Nature*, 4, nov. 1933, p. 709.

	Gentner.			Chao.	
λ en U.X.	μ_e du plomb $\times 10^{25}$.	μ_e calculé $\times 10^{25}$.	Différence $\mu_{Pb}-\mu_{calc}$.	$\mu_{Pb}-\mu_{Al}$.	$\mu_{Pb}-\mu_{Mg}$.
4,7.........	1,74	1,23	0,51	0,51	
5,9.........	1,89	1,42	0,47	0,51	0,55
6,6.........	1,97	1,51	0,46	0,27	0,34
7,9.........	2,14	1,66	0,48	0,57	0,65
9,3.........	2,34	1,82	0,52	0,55	0,64

La troisième colonne montre les valeurs de μ calculées selon la formule de Klein et Nishina. Ces valeurs sont valables comme on le sait presque sans corrections pour les éléments légers. La quatrième colonne donne la différence entre le coefficient du plomb et le coefficient des éléments légers calculé par la formule de Klein et Nishina.

On voit qu'il existe pour cette différence un minimum pour la longueur d'onde de 6,6 U. X. Mais ce minimum n'a pas le caractère d'une irrégularité comme le signale Chao (colonnes 5 et 6). La méthode employée par cet auteur comporte une erreur statistique probablement plus grande qu'il ne le supposait, ce qui explique les valeurs différentes observées par cet auteur et par moi-même. Le minimum est dû seulement au fait que l'absorption par le plomb et l'absorption par les éléments légers varient différemment avec la longueur d'onde. Tandis que l'absorption par les éléments légers est due principalement à la diffusion Compton, l'absorption par le plomb est complexe et résulte de trois phénomènes : l'absorption par diffusion Compton, l'absorption photoélectrique, l'absorption nucléaire par matérialisation du quantum [1]. Les deux premiers effets diminuent très fortement lorsque l'énergie du quantum augmente, tandis que l'absorption nucléaire par matérialisation croît à partir de la longueur d'onde de 12 U.X. [2].

C'est à cette augmentation de l'absorption nucléaire dans le plomb qu'est due le minimum de la différence du coefficient d'absorption relatif au plomb et à l'aluminium.

Ce minimum pour la longueur d'onde de 6,6 U. X. ne correspond donc pas à une qualité spéciale de la radiation γ de cette longueur d'onde vis-à-vis du plomb.

---

(1) I. Curie et F. Joliot, *Journ. de Phys.*, 4, 1933, p. 494.
(2) H. Gentner, *loc. cit.*

ÉLECTROCHIMIE. — *Piles à ammoniac liquide et à solutions ammoniacales.* Note de M. **Georges I. Costeanu.**

Dans une Note précédente (¹) nous avons étudié quelques piles dans l'ammoniac liquide et nous nous proposons d'indiquer maintenant comment varie la force électromotrice quand on ajoute des doses croissantes d'eau.

Le vase de pile se compose de trois tubes à essai, reliés entre eux à la partie inférieure par des tubes semi-capillaires, qui sont garnis de bouchons en papier Joseph. Aux basses températures, l'étanchéité est bonne ainsi que le contact électrolytique.

Les deux tubes latéraux, qui servent l'un de vase cathode et l'autre de vase anode, sont gradués en centimètres cubes, alors que le troisième tube contient le liquide intermédiaire.

Tous les trois sont munis de bons bouchons en caoutchouc traversés par les électrodes respectives, par de petits entonnoirs à bouchons rodés, et par les tubes de sortie du gaz, eux-mêmes, en communication avec un tube contenant de la potasse.

Le gaz ammoniac arrive par des capillaires soudés à la partie inférieure de chaque tube à essai.

Nous avons utilisé l'ammoniac liquide du commerce, distillé à travers une série de tubes contenant de la potasse et du sodium, il était condensé directement dans les tubes à essai où se trouvaient des poids connus des électrolytes solides étudiés. Dans le tube intermédiaire, on mettait du nitrate d'ammonium en quantité suffisante pour obtenir une solution saturée.

Quand l'ammoniac est condensé et l'électrolyte dissous, on ajoute par les entonnoirs la quantité d'eau nécessaire pour rendre la solution N/10. Cette eau est introduite par une pipette, goutte à goutte, en agitant constamment le mélange réfrigérant contenu dans le Dewar.

Nous avons étudié les piles suivantes, dont voici les caractéristiques :

(¹) *Comptes rendus*, **195**, 1932, p. 778.

	Force électromotrice.	Intervalle étudié.
1° $Cd/(NO^3)^2Cd$, 4 aq.; NO^3NH^4; NO^3Ag/Ag.		
a. Dans l'ammoniac liquide sec........	0,963-0,0003 ($t°$ —35°) (¹)	—75° à —35°
b. Dans une solution contenant 26ᵍ,5 pour 100 d'eau..................	1,005-0,00035 ($t°$ —30°)	—75° à —30°
c. Dans une solution contenant 45ᵍ,2 pour 100 d'eau..................	1,008-0,00042 ($t°$ —25°)	—65° à —25°
d. Dans une solution contenant 80ᵍ pour 100 d'eau..................	0,978-0,00062 ($t°$ +18°)	—30° à 18°
2° $Zn/(NO^3)^2Zn$, 6 aq.; NO^3NH^4; NO^3Ag/Ag.		
a. Dans l'ammoniac liquide sec........	1,303-0,0003 ($t°$ —35°)	—75° à —35°
b. Dans une solution contenant 26ᵍ,5 pour 100 d'eau..................	1,309-0,00055 ($t°$ —30°)	—75° à —30°
c. Dans une solution contenant 45ᵍ,2 pour 100 d'eau..................	1,341-0,00022 ($t°$ —25°)	—65° à —25°
d. Dans une solution contenant 80ᵍ pour 100 d'eau..................	1,384-0,00012 ($t°$ +18°)	—30° à 18°

On voit que, lorsque la teneur en eau passe de 0 à 80 pour 100 en poids, la force électromotrice varie de quelques centièmes seulement. Il en est de même lorsque la température varie de —75° à 18°.

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur l'électrolyse de solutions de sels métalliques avec une cathode de gaz raréfié.* Note de M. **N. Thon**, présentée par M. G. Urbain.

Dans l'électrolyse habituelle, le conducteur métallique servant d'électrode est en contact intime avec la solution électrolytique. On peut encore disposer l'électrode de manière qu'elle soit séparée de la surface du liquide par une couche diélectrique. S'il vient à se produire une décharge à travers l'isolant, il y a passage de courant électrique dans la solution et l'on doit

(¹) *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 778.

retrouver les phénomènes d'électrolyse, les ions se déchargeant à la surface limite électrolyte/diélectrique (¹).

En particulier, quand le diélectrique est formé par une colonne d'air, si l'on réduit la pression jusqu'à la tension de vapeur du solvant, on peut rendre le gaz raréfié conducteur en appliquant une différence de potentiel suffisamment élevée.

Faraday (²) a le premier réalisé ce genre d'électrolyse, étudié par la suite par Gubkin (³), Güntherschulze (⁴), Bose (⁵), Klüpfel (⁶), Makowetzky (⁷), Haber (⁸), Corbino (⁹). Gubkin a observé un dépôt de métal dans l'électrolyse de $AgNO^3$ et de $PtCl^4$. Selon Corbino, le métal se dépose dans l'électrolyse de $AgNO^3$ et de $AuCl^3$; il y aurait également dépôt de métal, finement divisé au point d'être inobservable pendant l'expérience, dans le cas de $CuSO^4$.

Nous avons entrepris l'étude systématique des conditions de dépôt des différents métaux, avec un dispositif permettant de faire varier, tout en maintenant le vide, la distance entre la cathode et la surface du liquide. Le récipient d'électrolyse consistait en un tube en U, surmonté de deux doubles cloches à mercure de hauteur barométrique, portant des électrodes cylindriques. Les deux branches du tube en U étaient soufflées en boules, le niveau du liquide arrivant à la hauteur du grand diamètre. On évitait ainsi une décharge entre l'électrode et la paroi du récipient.

En courant alternatif, le système électrolyte/gaz raréfié/platine présente un effet détecteur notable, le courant positif redressé allant de la surface du liquide vers le métal.

Dans les expériences d'électrolyse, on appliquait une tension continue de 1000 volts. Au moment de l'allumage, il y avait aux bornes du récipient d'électrolyse 500 volts environ. L'intensité de courant était de 15 millivolts environ pour un écartement de 1^{cm}.

Nos expériences ont montré que, sur une cathode constituée par une colonne de gaz raréfié :

(¹) Le cas de cathodes métalliques enduites de couches minces de matières isolantes que nous avons étudié avec M. C. Marie (*J. Chim. Phys.*, **29**, 1932, p. 569) présente un caractère différent. Là, la décharge paraît se faire dans les discontinuités de la couche de diélectrique et présenter une analogie avec le phénomène d'électrosténolyse. — (²) *Exp. Res.*, 3, p. 432. — (³) *Ann. Phys.*, **32**, 1887, p. 114. — (⁴) *Ann. Phys.*, **12**, 1903, p. 838. — (⁵) *Z. Elektrochem.*, **10**, 1904, p. 588. — (⁶) *Ann. Phys.*, **16**, 1905, p. 574. — (⁷) *Z. Elektrochem.*, **17**, 1911, p. 217. — (⁸) *Z. Elektrochem.*, **20**, 1914, p. 485. — (⁹) *Rend. Acc. Lincei*, 5, 1927, p. 377.

1° L'électrolyse de sels de métaux moins nobles que l'hydrogène (Zn, Cd, Pb, Ni) ne conduit pas à un dépôt de métal, mais seulement à un dégagement d'hydrogène;

2° Cu et Hg, bien que plus nobles que l'hydrogène, ne se déposent pas dans l'électrolyse des solutions de leurs sels ($CuSO^4$, $HgNO^3$);

3° On obtient, par contre, un dépôt dans le cas de solutions des sels simples des trois métaux les plus nobles : $AgNO^3$, $AuCl^3$, $PtCl^4$.

Dans le cas de l'argent, on obtient un dépôt de métal même en inversant la polarité des électrodes, donc en montant le gaz ionisé en anode. Dans ce cas particulier, on est certainement en présence d'un effet autre qu'électrolytique.

Notre observation relative au sulfate de cuivre étant en contradiction avec les résultats de Corbino, nous nous sommes attaché à étudier ce cas de plus près. Nous avons pu faire les constatations suivantes :

a. Si l'on approche l'électrode de la surface du liquide jusqu'à 1-2^{mm} environ, on voit des traînées d'hydrate de cuivre prenant naissance au point de la surface liquide situé en regard de l'électrode. Ce phénomène ne peut provenir que d'une alcalinisation locale, due à une perte d'hydrogène, de la région du liquide atteinte par les lignes de courant. On comprend qu'il ne se produise que si l'électrode est très rapprochée de la surface liquide, donc si la *densité* de courant est élevée.

Notons que dans l'électrolyse de $ZnSO^4$, le rapprochement de l'électrode fait, au contraire, disparaître le précipité d'hydrate de zinc dont on observe la formation avec un écart plus grand entre le liquide et le platine. Ici, l'augmentation de la densité de courant et le renforcement local de l'alcalinité conduisent évidemment à la formation de zincate soluble.

b. En faisant le vide, pendant toute la durée de l'électrolyse, à travers un flacon laveur contenant une solution de $PdCl^2$, on décèle l'hydrogène dans le gaz retiré de la branche cathodique du récipient d'électrolyse.

c. Si l'on ne prend pas la précaution de mettre un écart considérable entre l'électrode métallique et la paroi du récipient, il peut arriver que la décharge ait lieu entre la première et le liquide mouillant cette dernière. Ce n'est que dans ce cas que l'on observe, au voisinage de la paroi, un trouble qui, après agglomération, s'avère être du cuivre métallique. Par contre, on n'observe rien de pareil avec notre dispositif où le diamètre de la surface du liquide est environ 25 fois plus grand que le diamètre de l'électrode placée au centre de la boule et où, par conséquent, la région périphérique voisine de la paroi ne prend pas part à la décharge.

En conclusion, la décharge sur une cathode gazeuse ne conduit pas à un

dépôt de métal, mais seulement à un dégagement d'hydrogène, exception faite des trois métaux les plus nobles, Ag, Pt, Au. Il s'ensuit qu'en l'absence d'un support solide, la décharge des cations de métal est retardée. Le potentiel de dépôt des premiers germes de métal est en tout cas plus bas que le potentiel de dégagement d'hydrogène. Cette constatation cadre avec la théorie de la polarisation électrolytique des métaux, récemment développée par Volmer (1). Il ressort en effet de cette théorie que la décharge d'un cation de métal présente une surtension naturelle élevée ne disparaissant qu'à des points privilégiés d'un réseau cristallin préformé.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur le déplacement de l'équilibre.* Note de M. **R. Étienne**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Ma première Note sur le déplacement de l'équilibre (*Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1887) a donné lieu à une observation de la part de M. Verschaffelt (*Comptes rendus*, 197, 1933, p. 633).

M. Verschaffelt, tout en se déclarant d'accord avec mes résultats, s'est demandé si une inexactitude ne s'était pas glissée dans mes calculs. Cette critique, si elle avait été fondée, aurait atteint également les calculs de ma troisième Note (*Comptes rendus*, 197, 1933, p. 986) qui se poursuivent d'une façon tout à fait parallèle. Mais, après échange de vues, M. Verschaffelt a bien voulu reconnaître que ses reproches n'étaient pas justifiés. Il faut d'ailleurs remarquer qu'il ne les avait formulés que sous réserves.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Vérification de la loi de combustion des poudres colloïdales.* Note de MM. **H. Muraour** et **G. Aunis**, présentée par M. G. Urbain.

Une poudre du type sans dissolvant, ayant la composition suivante : coton-poudre à 11,7 pour 100 d'azote, 71 ; nitroglycérine, 29; diéthyldiphénylurée, 3; phtalate d'éthyle, 5,5; vaseline, 0,5 (humidité de la poudre, 0,5 pour 100), a été étirée sous forme de brins cylindriques de $2^{mm},5$ de diamètre (épaisseur mesurée). Cette poudre a été tirée dans la bombe de 150^{cm}, la pression étant mesurée dans des crushers en cuivre

(1) *Z. physik. Ch.*, A, 157, 1931, p. 161.

de 13/8 pour les fortes pressions et des crushers en cuivre de 4,90 pour les faibles pressions.

La table de tarage utilisée étant la table dite piston libre (Burlot), deux séries d'expériences ont été exécutées :

Série A : Tirs à différentes densités de chargement avec une forte amorce de poudre noire, toujours suffisante pour écraser légèrement le crusher dès le début de l'inflammation.

Série B : Tirs à différentes densités de chargement avec une faible amorce de poudre noire juste suffisante pour enflammer la poudre.

A partir des expériences de la série B on a calculé les vitesses de combustion aux différentes pressions par une méthode basée sur le principe indiqué par M. Vieille et on les a inscrites dans la colonne 2 du tableau.

On porte en abscisse le temps, en ordonnée une fonction de la pression

$$f = \int \frac{de}{Z},$$

Z étant la fraction de la pression maximum, e étant la fraction d'épaisseur brûlée. On obtient ainsi à peu près une droite, ce qui permet de prendre la moyenne de plusieurs points. On a $de/dt = Z\,df/dt$. Nous prendrons deux des moyennes précédentes, t_1, f_1 et t_2, f_2. Nous prendrons pour Z la valeur qui correspond à $f = f_1 + f_2/2$ et pour de/dt $Z \times f_2 - f_1/t_2 - t_1$. On a fait une correction pour tenir compte du covolume et de la pression donnée par l'amorce.

D'autre part, à partir des expériences de la série A (forte amorce), on a calculé une formule donnant la vitesse de combustion en fonction de la pression.

Pour cela, on a tracé le graphique $\int p\,dt$/durée totale de combustion [1]. L'extrapolation de la droite pour une durée de combustion nulle a donné la valeur de S_0, l'extrapolation pour une pression nulle la valeur de t_0. On a obtenu $S_0 = 22,9$ (en kg/cm²/sec ou tonnes millisecondes) et $t_0 = 227$ (en millisecondes). A partir de ces valeurs de S_0 et t_0 et de l'épaisseur e de la poudre ($2^{mm},51$) on a calculé les valeurs des coefficients a et b de la formule $V = a + bP$ en prenant :

$$a = \frac{e}{t_0} = \frac{2,51}{227} = 0^{mm},0110 \text{ par milliseconde ou } 11,0 \text{ par seconde;}$$

$$b = \frac{e}{S_0} = \frac{2,51}{22,9} = 0^{mm},1095 \text{ par kg/cm}^2 \text{ et par seconde.}$$

---

(1) Ou plutôt le graphique obtenu en portant en abscisse $1/t$ et en ordonnée S/t. Ces deux quantités étant connues avec une erreur absolue probable à peu près constante.

Les valeurs des vitesses de combustion ainsi calculées pour les différentes pressions sont inscrites dans la colonne 3 du tableau.

Enfin, à partir des expériences de la série B (faible amorce) et en compensant les résultats, on a calculé :

1° Une formule de la forme $V = a + bP$. On a obtenu $V = 9{,}8 + 0{,}1105P$. Les valeurs calculées avec cette formule sont inscrites dans la colonne 5 du tableau.

2° Une formule de la forme $V = KP^{\alpha}$. On a obtenu $V = 0{,}342P^{0{,}849}$. Les valeurs ainsi calculées sont inscrites dans la colonne 7 du tableau.

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
0.........	–	11,0	–	9,8	–	0	–
23.........	10,2	13,5	−3,3	12,3	−2,1	5,0	+7,2
24.........	8,0	13,6	−5,6	12,6	−4,6	5,0	+3,0
36.........	10,5	14,9	−4,4	14,1	−3,6	7,3	+3,2
59.........	17,6	17,5	+0,1	16,3	+1,3	10,8	+6,8
90.........	20,6	20,9	−0,3	19,8	+0,8	15,6	+5,0
157.........	28,4	28,2	−0,2	27,1	+1,3	25,1	+3,3
168.........	27,6	29,4	1,8	28,4	−0,8	26,4	+1,2
216.........	33,4	34,7	−1,3	33,6	−0,2	32,4	+1,0
261.........	37,7	39,6	−1,9	38,7	−1,0	38,4	−0,7
346.........	46,5	47,9	−1,4	48,0	−1,5	49,0	−2,5
393.........	54,5	54,0	+0,5	53,2	+1,3	54,5	0,0
511.........	65,1	67,0	−1,9	66,3	−1,2	68,3	−3,2
650.........	82,6	83,8	−1,2	81,6	+1,0	83,6	−1,0
875.........	106,2	106,8	−0,6	106,3	−0,1	107,8	−1,6
1108.........	137,5	132,3	+5,2	132,3	+5,2	131,9	+5,6
1372.........	155,6	161,2	−5,6	161,7	−6,1	157,7	−2,1
1508.........	176,5	176,1	+0,4	176,8	−0,3	171,1	+5,4

1. Pression en kg/cm².

2. Vitesse de combustion expérimentale en millimètres par seconde (série B).

3. Vitesse de combustion déduite des expériences de la série A.

5. Vitesse de combustion déduite des expériences de la série B en compensant les résultats par la formule $V = 9{,}8 + 0{,}1105P$.

7. Vitesse de combustion déduite des expériences de la série B en compensant les résultats par la formule $V = 0{,}342P^{0{,}849}$.

4, 6, 8. Différence entre les résultats expérimentaux (colonne 2) et les résultats du calcul (colonnes 3, 5, 7).

On voit que les resultats expérimentaux peuvent être représentés avec une très bonne approximation, jusqu'à des pressions de 50 kg/cm² par la formule $V = a + bP$ (comparer les colonnes 2 et 5).

L'accord est encore très satisfaisant si l'on déduit les coefficients a et b des expériences exécutées avec forte amorce (série A) à partir des valeurs de S_0 et t_0 (comparer les colonnes 2 et 3).

Les résultats obtenus avec la formule $V = 0,342\ P^{0,849}$ (colonne 7) sont un peu moins satisfaisants, particulièrement aux très basses pressions où l'on constate que les vitesses calculées sont inférieures aux vitesses expérimentales alors que l'on doit au contraire s'attendre à un phénomène inverse. La poudre brûle en effet aux très basses pressions, avec formation de NO, ce qui correspond à un abaissement de la température des gaz émis et doit entraîner une chute de la vitesse de combustion.

PHYSICOCHIMIE. — *Sur la loi de Lambert-Beer et la nature des particules absorbantes en solution.* Note de M. **E. Darmois**, présentée par M. Ch. Fabry.

L'absorption de la lumière par une solution colorée est régie par la loi de Lambert-Beer qui donne le rapport entre les intensités émergente et incidente, en fonction de l'épaisseur de la solution et de la concentration; elle s'écrit $\log I_0/I = \varepsilon c l$.

Si c est évaluée en grammes par litre, ε est le coefficient d'absorption spécifique; il varie avec la longueur d'onde et, si la loi s'applique, il a une valeur déterminée pour chaque longueur d'onde à température donnée.

On connaît un grand nombre de cas où la loi ne s'applique pas; ε dépend de la concentration; c'est ce qui se produit pour les solutions aqueuses d'acide tartrique ([1]) et d'acide chlorhydrique ([2]). On a proposé depuis longtemps d'expliquer ces discordances en admettant que certaines substances donnent lieu en solution à des équilibres entre plusieurs espèces de molécules absorbantes. En admettant que la loi d'action de masses s'applique à ces équilibres et que la loi de Lambert-Beer est vraie pour chacun des constituants, on peut rendre compte de l'absorption observée en admettant l'existence de certains composés en solution ([3]); on peut même déduire la formule de ces composés de l'étude de l'absorption ([4]).

([1]) R. Lucas et Schwob, *Journ. Phys.*, 7e série, 3, 1932, p. 53.
([2]) R. Tréhin, *Journ. Phys.*, 7e série, 4, 1933, p. 440.
([3]) O. Ruff, *Z. physik. Chem.*, 76, 1911, p. 26.
([4]) P. Job, *Ann. Ch.*, 9, 1928, p. 113.

Pour l'étude des solutions il serait commode d'avoir un procédé pour la comparaison rapide des courbes d'absorption. Nous avons indiqué autrefois pour l'étude du pouvoir rotatoire des mélanges et solutions une forme géométrique de la règle des mélanges (¹); le diagramme qu'on en déduit semble pouvoir s'appliquer sans modifications pour l'étude de l'absorption. Il y a en effet analogie complète entre les formules qui donnent l'extinction spécifique ε et le pouvoir rotatoire spécifique $[\alpha]$. Si donc on mélange deux substances qui suivent la loi de Lambert-Beer du fait que l'extinction totale est une fonction linéaire du titre, la courbe d'absorption d'un mélange divisera dans un rapport constant les ordonnées comprises entre les deux courbes des composants. Réciproquement si les courbes des diverses solutions d'un corps forment un faisceau linéaire de ce genre, il y aura des chances pour que les solutions renferment deux espèces de particules absorbantes et deux seulement. Si l'on dispose de mesures pour deux longueurs d'onde λ_1 et λ_2, on portera sur deux ordonnées les valeurs ε_1 et ε_2 mesurées pour une solution et l'on joindra les deux points; les droites ainsi obtenues seront concourantes pour tous les mélanges de deux absorbants déterminés. Enfin si le concours de ces droites n'a pas lieu, on pourra affirmer que le mélange renferme plus de deux composants ; la généralisation à trois composants indiquée par R. Lucas (²) pourra alors être tentée.

Si les deux composants ont pour une certaine longueur d'onde la même extinction spécifique, leurs mélanges auront également la même et les courbes d'absorption des mélanges se couperont en un même point; c'est le critère que Weigert (³) donne pour reconnaître les mélanges de deux composants; c'est un cas évidemment très particulier de notre règle générale. Ce cas est d'ailleurs réalisé pour certains indicateurs colorés qui donnent en solution des mélanges de deux formes colorées. Exemple : le méthylorange, aux pH qui correspondent à son virage, donne des courbes passant sensiblement par le point $\lambda = 4700$ Å, $\log \varepsilon = 3,3$. Pour l'application du graphique linéaire général, il est nécessaire de disposer de mesures assez précises; c'est le cas pour les mesures faites à l'aide de cellules photoélectriques.

(¹) E. Darmois, *Ann. Ch. et Ph.*, 22, 1911, p. 501; G. Bruhat, *Traité de Polarimétrie*, Paris, 1930.

(²) R. Lucas, *Ann. Phys.*, 9, 1928, p. 381.

(³) Weigert, *Optische Methoden der Chemie*.

ÉNERGÉTIQUE CHIMIQUE. — *Potentiels d'ionisation et énergies de formation des molécules non polaires.* Note [1] de M. **Jean Savard**, présentée par M. J. Perrin.

Considérons une molécule A^2, et soit $2n$ le nombre d'électrons de liaison des deux atomes entre eux.

Soient I_m, I'_m, ..., I_m^{2n} les potentiels d'ionisation des $2n$ électrons de liaison dans la molécule. Désignons cette somme des travaux nécessaires pour éloigner les $2n$ électrons, depuis leur position normale dans la molécule normale, jusqu'à l'infini, par S_m^{2n}.

Soient de même I_a, I'_a, ..., I_a^n les n premiers potentiels d'ionisation de l'atome A, et S_a^n leur somme.

Si ΔU est le travail de répulsion accompli par les deux ions A^{+n} quand ils s'éloignent l'un de l'autre depuis la distance r_0 (r_0 = distance des noyaux dans la molécule normale) jusqu'à l'infini, l'énergie de dissociation D de la molécule normale en atomes normaux est évidemment

$$-D = S_m^{2n} - 2S_a^n - \Delta U. \quad (1)$$

Nous supposons naturellement, comme on est en droit de le faire d'après les travaux de Mulliken, que les $2n$ électrons de liaison sont sans influence perturbatrice sensible sur les électrons intérieurs restants de chaque atome-ion.

Nous posons maintenant un principe nouveau que nous exprimons par la relation

$$\Delta U = [S_m^{2n} - 2nI_m] - [2S_a^n - 2nI_a]. \quad (2)$$

c'est-à-dire : l'énergie de répulsion s'exerçant entre les deux ions d'une molécule, ayant perdu ses $2n$ électrons de liaison, est mesurée par l'écart des potentiels d'ionisation par rapport à une loi de croissance linéaire, cet écart étant compté positivement pour la molécule et négativement pour les atomes obtenus.

Remplaçons dans (1) ΔU par sa valeur (2). Il vient

$$-D = 2n[I_m - I_a]. \quad (3)$$

En nous basant, non pas sur la systématique des niveaux électroniques,

[1] Séance du 30 octobre 1933.

mais sur le théorème du viriel, on peut donner à notre principe une forme différente. On sait que l'énergie cinétique moyenne E_c et l'énergie potentielle moyenne E_p d'une particule électrisée se déplaçant dans un champ de Coulomb sont reliées par la relation

$$2E_c + E_p = 0,$$

L'énergie totale moyenne de l'un des $2n$ électrons de la molécule, ainsi que celle de l'électron correspondant dans l'atome, seront $-E_c^m$ et $-E_c^a$. Si l'on admet que l'énergie cinétique moyenne est également répartie entre les électrons de liaison, que ces électrons sont sans influence sur les électrons restants des atomes-ions, et que l'énergie de vibration (à l'état normal) est, en première approximation, négligeable par rapport à l'énergie électronique, l'énergie de dissociation de la molécule est évidemment

$$-D = 2n[E_c^m - E_c^a]$$

et notre principe s'exprime par la relation

$$(4) \qquad I_m - I_a = E_c^m - E_c^a.$$

Dans le cas d'une molécule AB^p, pour autant que les électrons de liaison soient en nombre pair et fassent partie d'une même enveloppe, l'équation (3) se généralise et s'écrit

$$(5) \qquad -D = 2nI_m - \Sigma n_a I_a.$$

Les équations (3) et (5) ont été vérifiées avec une précision de 0,1 à 0,2 volt pour les molécules suivantes (erreur moyenne de 1 à 2 pour 100) :

H^2, N^2, O^2, C^2, Cl^2, Br^2, HCl, HBr, CO, CO^2, SO^2,
H^2O, CH^4, CH^3-CH^3, $CH^2=CH^2$, $CH\equiv CH$, $CN-CN$.

L'étude des autres molécules se poursuit. Les valeurs des potentiels d'ionisation moléculaires et atomiques sont empruntées aux *Tables de Constantes* [1].

On constate d'autre part expérimentalement [1] que le potentiel d'ionisation d'un radical carboné tel que $-CN$ ou $-CH^3$ est égal au potentiel d'ionisation de l'atome de carbone (11,26 volts). Il en résulte que les énergies de liaison des atomes de carbone entre eux sont données par les

---

(1) LANDOLT et BÖRNSTEIN, 2e Suppt., p. 569 et suiv. (Springer, Berlin, 1931).

relations :

$$B = 2[I_m - 11,26] \quad \text{pour la liaison simple;}$$
$$B' = 2[I_m - 11,26] + 2[I'_m - 11,26] \quad \text{pour la liaison double;}$$
$$B'' = 2[I_m - 11,26] + 2[I'_m - 11,26] + 2[I''_m - 11,26] \quad \text{pour la liaison triple.}$$

Les valeurs de B ainsi calculées à partir des potentiels d'ionisation sont en excellent accord avec les valeurs thermodynamiques déterminées par Eucken (¹). L'énergie de dissociation d'un ion A^{2+}, à condition que la distance séparant les noyaux soit sensiblement la même dans la molécule normale que dans l'ion normal, est donnée par la relation

$$-D' = (2n - 1)[I_m - I_a].$$

Les énergies des réactions moléculaires se calculent immédiatement en remplaçant les potentiels d'ionisation des atomes par ceux des molécules.

MÉCANIQUE CHIMIQUE OSCILLATOIRE. — *Modifications des réactions chimiques sous l'influence de circuits oscillants capteurs d'ondes.* Note de M. **Antonio de Pereira Forjaz**, présentée par M. C. Matignon.

Nous nous sommes proposé d'étudier si les ondes électromagnétiques pourraient avoir une influence sur la dynamique et la statique chimique. Dans les champs dipolaires hertziens, les vitesses des réactions restent-elles constantes ? L'action des réactifs pouvant être influencée par la lumière serait-elle de même influencée par d'autres mouvements ondulatoires ?

Utilisant un circuit oscillant Lakhovsky en cuivre (diamètre $0^m,20$; $\lambda = 1^m,256$), nous avons commencé nos études avec des mélanges équimoléculaires d'alcool éthylique et d'acide acétique, employant une méthode interférométrique. Les résultats inattendus obtenus nous ont permis de disposer des expériences comme celles-ci :

A 25^{cm^3} d'eau on additionne 20 gouttes d'alcool et 20 gouttes d'acide acétique à $24°,5$. Voici quelques résultats donnant la variation de l'indice de réfraction du mélange :

(¹) Landolt et Börnstein, II, p. 1585 (Springer, Berlin, 1923).

Jours.	Mélange normal.	Mélange dans le champ oscillant captant les ondes.
1	1,3341334	1,3340916
2	1,3341334	1,3340460
3	1,3340650	1,3340080
4	1,3338140	1,3338135

La différence est maxima à la fin du deuxième jour environ, comme il résulte d'une longue série d'expériences, et s'atténue après. Cette nouvelle mécanique chimique, que nous nommerons mécanique chimique oscillatoire ou ondulatoire, se présente sujette à des lois tout à fait différentes, nouvelles, et malgré le *recul* qui a lieu, après *l'activation*, ses applications semblent très nombreuses. Ainsi, une huile d'olives, dans le même champ et après deux jours, voit son acidité baisser de $0^g,4$ à $0^g,25$; pour un vin de $0^g,70$ d'acidité volatile à $0^g,59$; pour un vinaigre de $4^g,8$ d'acidité acétique à $4^g,56$.

La même indication s'est présentée pour vingt-deux examens différents. Les circuits oscillants, captant les ondes, jouent donc le rôle de catalyseurs, déterminant un vieillissement dans les vins, l'abaissement de l'acidité dans les huiles, des ionisations, des allotropies. Pour le chimiste, pour l'industriel, pour le neurologiste, il y a là un nouveau et très grand chapitre à étudier. Aussi de nombreuses expériences sont actuellement en cours.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Sur la constitution des alliages magnésium-zinc-silicium riches en magnésium.* Note de MM. **E. Elchardus** et **P. Laffitte**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Sur l'initiative et en liaison avec le service des recherches de l'Aéronautique, nous avons étudié la constitution des alliages ternaires magnésium-zinc-silicium riches en magnésium, qui n'ont jusqu'ici fait l'objet d'aucune étude d'ensemble. Cependant ce sujet a été effleuré par Sander et Meissner (1), lesquels, lors d'études sur les alliages quaternaires Al-Mg-Zn-Si, ont signalé qu'à l'intersection des coupes quasi binaires Mg^2Si-Zn et $MgZn^2$-Si on obtient des cristaux de Mg^2Si sur fond de zinc ; il n'y a donc pas de composé défini ternaire, ce que nous avons d'ailleurs vérifié.

(1) *Z. Metallkunde*, 15, 1923, p. 180.

L'étude thermique a été effectuée à l'aide d'un appareil semi-automatique que nous avons déjà eu l'occasion de décrire ([1]), et qui permet de tracer par points la courbe inverse de la courbe thermique ordinaire, ceci avec une précision de 1° environ, bien supérieure à celle que comportent ces mesures. Les diagrammes binaires, qui nous ont servi de base, sont : pour le système Mg-Zn, celui de Hume-Rothery et Rounsefell ([2]); pour le système Mg-Si, celui de Vogel ([3]) ; pour le système Zn-Si, celui de Moissan et Siemens ([4]).

Le système binaire Zn-Si étant un système à deux phases liquides, il en est de même pour une grande partie dn diagramme Mg-Zn-Si. La figure 1

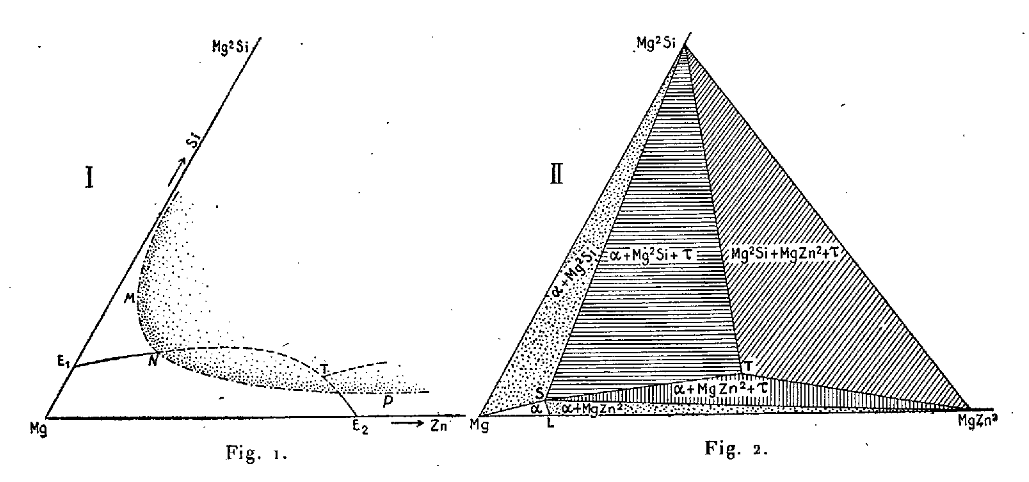


Fig. 1. Fig. 2.

donne, suivant MNP, la limite de miscibilité des phases liquides. Pour chacun des points de la zone de non-miscibilité on observe en partant d'un alliage à l'état liquide : 1° séparation en deux phases liquides; 2° dépôt d'une phase solide; 3° disparition d'une des phases liquides (le système comprend donc à ce moment une phase liquide et une phase solide); 4° dépôt d'eutectique binaire; 5° dépôt, à température constante (335°), de l'eutectique ternaire τ correspondant à la composition globale : Mg 53,3; Zn 43,5; Si 3,2. Cet eutectique se trouve situé en dessous de la surface limite inférieure de la zone de non-miscibilité.

Si l'on considère le prisme droit ayant pour base le triangle équilatéral

---

(1) *Bull. Soc. chim.*, 51, 1932, p. 1572.

(2) *J. Inst. of Metals*, 41, 1928, p. 119. Voir aussi Anderson et Edmonds, *Amer. Soc. for Steel Treat.*, Handbook, 1933, p. 1430.

(3) *Z. anorg. Chem.*, 61, 1909, p. 46.

(4) *Comptes rendus*, 138, 1904, p. 86.

Mg-Zn-Si, nos analyses thermiques ont porté sur des coupes verticales correspondant à des proportions constantes de silicium. C'est ainsi que nous avons déterminé les coupes relatives à 2, 4, 7, 10, 13 et 16 pour 100 de silicium pour des teneurs en zinc variant de 0 à 50 pour 100. En outre, quelques coupes transversales nous ont permis de préciser la position de la vallée eutectique. Au total, les analyses thermiques que nous avons effectuées ont porté sur une centaine d'alliages.

A l'aide du tétraèdre des arrêts eutectiques ternaires, nous avons déterminé la position du point S (limite de la solution solide ternaire) de composition approximative : Zn 5,25 ; Si 0,25 ; Mg 94,5 pour 100. En joignant convenablement S, T (eutectique ternaire) et le point L (limite de la solution solide binaire Mg-Zn) aux points correspondant à Mg, Mg^2Si et $MgZn^2$, on délimite les domaines des différentes phases (composés définis $MgZn^2$ et Mg^2Si ; solution solide α), qui sont représentés sur la figure 2.

Les vallées eutectiques partant des eutectiques binaires E_1 et E_2 concourent au point T, représentatif de l'eutectique ternaire (*fig.* 1). La première de ces deux vallées passe en N sous la zone de non-miscibilité et à partir de ce point elle reste tout entière située en dessous ; par conséquent, la région de non-miscibilité n'a aucun point de contact avec la zone dans laquelle a lieu le dépôt primaire de la solution solide α, comme nous l'a montré l'analyse thermique.

L'examen métallographique a permis de retrouver les différents constituants dans les zones représentées sur la figure 2.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Recherche de corps apparentés aux rubènes.* Note [1] de MM. **Charles Dufraisse** et **Paul Chovin**, présentée par M. Delépine.

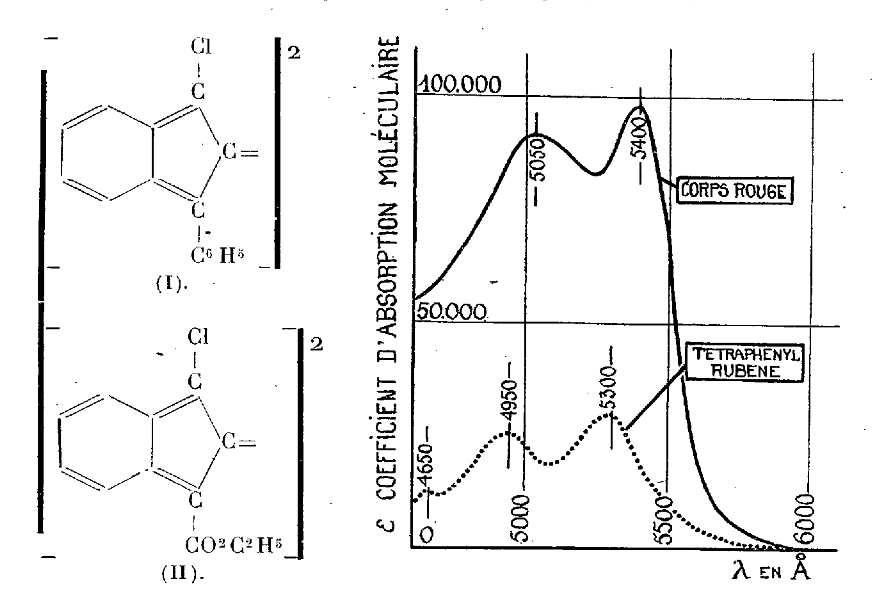
Un rubène chloré, (I), ayant été précédemment obtenu à partir du dibenzoylméthane, $C^6H^5—CO—CH^2—CO—C^6H^5$, par action du pentachlorure de phosphore et traitement ultérieur approprié [2], on a essayé d'étendre ce procédé. On a soumis aux mêmes opérations l'ester benzoylpyruvique, $C^6H^5—CO—CH^2—CO—CO^2C^2H^5$, avec l'espoir que prendrait naissance le rubène ester chloré, (II), se distinguant du premier par deux radicaux carbéthoxylés à la place des deux phényles.

---

(1) Séance du 6 novembre 1933.

(2) Charles Dufraisse et Raymond Buret, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 962.

Le composé attendu ne s'est pas formé. A sa place est apparu un corps rouge non chloré qui a attiré l'attention à plusieurs titres. Tout d'abord, par sa fluorescence et son spectre d'absorption (voir figure), il s'apparente aux rubènes. De plus, il se forme dans des conditions anormales, vu sa composition centésimale. Enfin, il ressemble à un certain composé rouge préparé d'une tout autre manière, il y a bien longtemps (1882), par v. Pechmann,



retrouvé depuis à plusieurs reprises, et dont la constitution est encore en suspens.

L'objet de la présente Note est d'indiquer le mode de formation, les propriétés et la composition du corps que nous avons obtenu. Les caractères attribués par v. Pechmann et les autres auteurs à l'ancien composé rouge ne permettent pas de l'identifier directement au nôtre : le travail sur la comparaison des deux corps fera, avec la description de plusieurs dérivés et l'étude de la constitution, l'objet d'un exposé à part.

Pour avoir le corps en quantités isolables, il faut s'astreindre à suivre étroitement une technique dont les détails n'ont pas à figurer ici. Elle revient en principe à faire réagir en deux temps le benzoylpyruvate d'éthyle sur le pentachlorure de phosphore, à détruire ensuite l'excédent de ce réactif par une cétone, et enfin à terminer par une décomposition thermique soigneusement graduée.

Les rendements sont toujours très faibles : ils ont rarement atteint

6 pour 100; le plus souvent ils sont restés à 3 pour 100, ou en dessous. Il n'y avait là rien qui dût surprendre, parce qu'il en a été de même pour plusieurs rubènes, principalement au début de leur étude. Ce n'en a pas moins été une grande gêne pour la poursuite du travail.

Les cristaux, purifiés dans le benzène, se présentent avec une belle couleur rouge, ils fondent instantanément à 317° et subliment inaltérés.

Le corps est très peu soluble dans les solvants organiques. Il a, en solution, une fluorescence rappelant celle des rubènes et, surtout, un spectre d'absorption dont les deux bandes sont à rapprocher des deux bandes principales qui caractérisent les spectres de tous les rubènes (voir figure).

Il se distingue des corps de cette famille en ce qu'il ne s'oxyde pas quand on l'irradie à l'état dissous, en présence d'air. Tout au plus se décolore-t-il à la longue avec une lenteur telle que l'on doit penser à une altération secondaire par les produits d'autoxydation du solvant, plutôt qu'à une autoxydation directe du corps lui-même, comparable à celle d'un rubène. En tout cas, le résidu décoloré ne donne pas d'oxygène par chauffage, ce qui marque l'absence d'un oxyde dissociable.

L'analyse correspond à la formule brute $(C^5H^3O)^n$. Le corps est trop difficilement soluble pour que sa grandeur moléculaire soit accessible par cryoscopie, même dans le camphre. Le coefficient « *n* » a été fixé à 4, soit $C^{20}H^{12}O^4$ pour des raisons de vraisemblance. Ces raisons sont, d'une part, l'analogie du spectre avec celui des rubènes qui donne à supposer quelque similitude dans les formules, donc la présence de deux phényles au moins, et, d'autre part, la volatilité du produit qui exclut un degré de polymérisation très supérieur à 4. La molécule comprendrait ainsi un nombre de carbones double de celui de l'acide benzoylpyruvique, $C^{10}H^8O^4$; il est donc naturel de penser qu'elle est formée par l'accouplement de deux acides benzoylpyruviques, le reste éthyle, C^2H^5, de l'ester initial étant trop riche en hydrogène pour pouvoir en faire partie. Mais pour passer à la formule $C^{20}H^{12}O^4$ à partir de $2C^{10}H^8O^4 = C^{20}H^{16}O^8$, il faut enlever $2H^2O + O^2$.

La perte d'eau s'explique d'elle-même par la condensation. Il n'en est plus de même pour l'oxygène dont le départ est l'indice d'un processus réducteur profond, très étonnant dans les circonstances opératoires et le milieu réactionnel où le produit se forme.

Cette particularité est à retenir pour renseigner sur le mécanisme de formation et par contre-coup sur la constitution du corps rouge.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'alcool β-naphtyléthylique primaire et le β-vinylnaphtalène.* Note de Mlle **Denise Sontag**, présentée par M. Delépine.

Nous avons étudié (1) la déshydratation de l'alcool α-naphthyléthylique primaire et montré qu'elle donnait : 1° l'α-vinylnaphtalène; 2° des résines polyvinylées résultant d'une polymérisation du vinylnaphtalène.

Nous nous somme proposé, dans la présente Note, d'étudier au même point de vue l'alcool β-naphthyléthylique primaire.

Cet alcool n'a pas encore été décrit. A vrai dire, Berger (2) ayant préparé l'α-vinylnaphtalène ajoute qu'il continue ses recherches sur l'isomère β, mais on n'en trouve plus de traces par la suite.

En fait, nous avons obtenu l'alcool β-naphtyléthylique primaire, mais la préparation en a été très laborieuse et les rendements peu favorables, quelle que soit la méthode employée.

Préparation de l'alcool β-naphtyléthylique primaire. — *a. Condensation de l'oxyde d'éthylène avec le bromure de β-naphtylmagnésium.* — Le β-bromonaphtalène est préparé suivant les lignes générales indiquées par Darzens et Berger (3), mais en ayant soin, pour améliorer le rendement, d'éviter un excès de PBr^3 et en élevant la température de réaction à 170° (autoclave). On fait ensuite le magnésien au sein de l'éther (bien refroidir) puis chasse l'éther et chauffe assez fort pour provoquer la transposition. Après le traitement ordinaire, on isole finalement une portion $E_{15} = 178°\text{-}188°$. Elle se solidifie immédiatement et son point de fusion se fixe à 67°,5-68°. Belles aiguilles, odeur orangée assez agréable, goût un peu piquant. L'analyse correspond à l'*alcool cherché*, soit $C^{12}H^{12}O$. Il y a un résidu résinifié, non distillable, soluble dans le chloroforme, surtout à chaud, ayant tous les caractères des résines polyvinylnaphtaléniques, ce qui prouverait que l'alcool se déshydrate déjà spontanément, par distillation.

b. Action de $CH^2Cl - CH^2O - MgX$ *sur* $C^{10}H^7MgBr(\beta)$. — Le rendement est tout à fait médiocre. On obtient surtout du naphtalène et des résines.

---

(1) L. Palfray, S. Sabatay et Mlle D. Sontag, *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 2065.

(2) E. Berger, *Bull. Soc. chim.*, 35, 1906, p. 338.

(3) G. Darzens, *Bull. Soc. chim.*, 5, 1909, p. 307; G. Darzens et E. Berger, *Bull. Soc. chim.*, 5, 1909, p. 785.

c. Action de HCHO *sur* $C^{10}H^7—CH^2MgBr(\beta)$. — Le β-bromo-méthylnaphtalène a été préparé d'après Schultze (1). Mais nous remarquerons que les meilleures conditions sont : entraînement du brome *froid* par CO^2, chauffage à 190° pendant 1 heure, lumière solaire directe, réfrigérant à reflux large (à boules de préférence). On en fait facilement le magnésien, mais la condensation avec HCHO n'a fourni que 8g d'alcool à peu près pur à partir de 110g de bromo-méthylnaphtalène.

d. Réduction du β-naphtylacétate d'éthyle. — On réduit cet éther-sel par la méthode de Bouveault et Blanc, modifiée par Oyamada (2). Ici le rendement est nettement meilleur. A partir de 1/6e de molécule d'éther, on isole 17g d'alcool brut, soit 69 pour 100. Malheureusement, on s'aperçoit que la prise en masse, même après rectification, ne se fait que dans le mélange glace et sel. Comme on pouvait le craindre, il y a eu hydrogénation partielle du noyau (3). Et de fait, en traitant les eaux mères par ClH, on précipite un résidu acide fondant à 121-123°, d'où, par cristallisation fractionnée, on isole l'acide β-naphtylacétique pur, F = 137-138°, et un autre acide difficile à purifier et fondant plus bas. S'il s'est fait un acide hydrogéné, l'alcool s'est donc aussi hydrogéné.

Déshydratation potassique. — On a procédé comme pour l'alcool α-naphtyléthylique primaire, c'est-à-dire qu'on a chauffé 5g d'alcool β avec 7g de KOH fondue. On n'a pas pu opérer sous vide par suite de la formation de mousses abondantes. Il se dégage des vapeurs qui se condensent et abandonnent un corps solide. On redistille ce solide; il passe à 135°-137° sous 18mm, soit environ 50° plus bas que l'alcool; solidifié et recristallisé, il fond à 66°. Étant solide à la température ordinaire, il est beaucoup plus stable que son isomère α. Pour l'identifier, on a fait le dérivé dibromé F = 84°,5-85°. Belles aiguilles. Un dosage de brome vérifie la composition $C^{12}H^{10}Br^2$.

Essai d'obtention du β-vinylnaphtalène a partir de l'alcool β-naphtyléthylique secondaire. — Nous avons espéré tourner la difficulté d'obtention de l'alcool primaire, en partant du β-acétylnaphtalène. En le réduisant par HgNa à 2 pour 100, comme a fait récemment Bachmann (4) pour la

(1) E. Schultze, *Ber. d. chem. Ges.*, **17**, 1884, p. 1529.

(2) T. Oyamada, *Chem. Zentr.*, **101**, 1930, p. 2303.

(3) H. de Pommereau (*Comptes rendus*, **175**, 1922, p. 105) avait déjà constaté le même fait dans la réduction de l'α-naphtylacétate d'éthyle.

(4) W. E. Bachmann, *J. Am. Chem. Soc.*, 55, 1933, p. 770.

benzophénone, nous avons pensé obtenir l'alcool secondaire. La réduction paraît être très difficile à réaliser intégralement. Nous n'avons obtenu qu'un liquide visqueux, jaune, difficilement cristallisable. En le traitant à chaud par SO^4NaH (1), nous avons pu isoler quelques gouttes d'un liquide odorant, analogue au β-vinylnaphtalène, fixant le brome, mais sans pouvoir pousser plus loin l'identification.

Nous poursuivons nos recherches dans cette voie.

MINÉRALOGIE. — *Sur quelques minéraux nouveaux.*
Note de M. H. **Ungemach.**

La collection minéralogique de l'Université de Strasbourg renferme un lot important de minéraux sulfatés de Tierra Amarilla (Chili), décrit en 1889 par Linck (2).

Si la *rœmérite* a été suffisamment bien traitée à l'origine, les autres minéraux ont dû subir un remaniement cristallographique complet. La *copiapite*, décrite comme clinorhombique, est en réalité anorthique avec les caractéristiques suivantes :

$$a : b : c = 0,4134 : 1 : 1,3280;$$
$$\alpha = 100^\circ 12', \quad \beta = 86^\circ 47', \quad \gamma = 90^\circ 32'.$$

Ses cristaux jaune d'or, souvent extrêmement riches en formes, sont aplatis parallèlement à la base $p(001)$, clivage excellent.

La *quenstedtite* doit également passer du système monoclinique dans l'anorthique, et voici ses constantes nouvelles :

$$a : b : c = 0,2621 : 1 : 0,2776,$$
$$\alpha = 94^\circ 10', \quad \beta = 101^\circ 44',5, \quad \gamma = 96^\circ 18',5.$$

Elle présente d'excellents cristaux d'un rose lilas riches en formes, tabulaires suivant $g^1(010)$, qui est très bon clivage, et souvent maclés suivant la loi de l'albite.

Quant à la *coquimbite*, Linck a fondu en un seul deux minéraux distincts, l'un sénaire, avec le rapport d'axes 1 : 1,5643 et un clivage imparfait suivant les six faces de la pyramide hexagonale $(10\bar{1}1)$, et qui devra

(1) P. Gauthier et F. Gauthier, *Bull. Soc. chim.*, 53, 1933, p. 325.
(2) *Zeitsch. f. Krystall.*, 15, 1889, p. 1.

conserver le nom classique, l'autre ternaire auquel je donne le nom de *paracoquimbite*.

Typiquement rhomboédrique, cette espèce nouvelle présente le rapport d'axes 1 : 2,3464, deux clivages imparfaits rhomboédriques suivant $(10\bar{1}1)$ et $(01\bar{1}2)$, de fréquentes macles suivant la base, une coloration violet pâle et une composition chimique qui ne semble se distinguer de celle de la coquimbite que par un rattachement un peu différent de ses 9 molécules d'eau.

Les deux minéraux voisins cristallisent souvent à part sur des échantillons différents, mais très communément ils sont associés, formant, à axes parallèles, des groupements complexes, que leur grande régularité permet du reste de débrouiller facilement, où ils sont superposés par couches parallèles à la base, la coquimbite formant d'ordinaire une rondelle centrale prolongée, dans les deux sens de l'axe vertical, par des calottes de paracoquimbite, tandis que l'inverse se rencontre beaucoup plus rarement. Les lamelles épitaxiques d'un minéral dans l'autre sont très habituelles. De nombreuses figures devront illustrer, dans un travail détaillé à publier ailleurs, ces groupements du plus haut intérêt.

Voici maintenant les caractéristiques des espèces nouvelles que j'ai rencontrées et le nom que je leur donne.

L'*amarillite* possède la composition d'un sulfate double normal ferrique et sodique, avec une formule exactement analogue à celle de la *tamarugite*

$$4SO^3.Fe^2O^3.Na^2O.12H^2O \quad \text{ou} \quad (SO^4)^2NaFe.6H^2O.$$

Elle apparaît en cristaux monocliniques jaune pâle, éclatants, avec un bon clivage prismatique $m(110)$, et les constantes suivantes :

$$a : b : c = 0,7757 : 1 : 1,1482, \qquad \beta = 84°23'.$$

La zone dominante est celle du prisme à la base, avec de nombreuses pyramides b^n et d^n et quelques dômes.

La *lapparentite* est un sulfate basique très hydraté d'aluminium, ce métal étant remplacé isomorphiquement par le fer dans de faibles proportions. Sa formule chimique est :

$$2SO^3.Al^2O^3.10H^2O,$$

très voisine de celle de l'*amarantite*, qui est le sulfate ferrique correspondant, mais avec moins d'eau. Ses cristaux monocliniques excellents, hyalins et éclatants, très semblables à ceux du gypse par le facies et l'ap-

parence, s'en distinguent facilement par la dureté, atteignant presque 3, le clivage g^1 peu distinct et la grande solubilité dans l'eau. Leurs constantes géométriques sont

$$a:b:c = 0,2919:1:0,24155, \qquad \beta = 85^\circ 10'.$$

Allongés suivant l'axe vertical, leur aplatissement parallèlement au plan de symétrie est plus ou moins marqué; de nombreuses faces dans les zones a^1g^1, o^1g^1 et $pg^1_?$ complètent les combinaisons.

La *leucoglaucite* est un sulfate ferrique acide de composition

$$4SO^3.Fe^2O^3.5H^2O,$$

identique, sauf une quantité d'eau presque moitié moindre, à celle du *rhomboclase*. Ses cristaux sénaires, allongés suivant l'axe vertical, sont d'un vert bleu très pâle, clivables assez parfaitement suivant $d^1(11\bar{2}0)$, en général mal terminés, mais dont quelques-uns ont permis la mesure de bonnes faces d'isoscéloèdres et de pyramides dihexagonales, dont l'holoédrie n'est pas au-dessus de tout soupçon. Le rapport d'axes est 1:0,5589.

J'ai recueilli, en outre, d'intéressantes observations sur les cristaux de *mélantérite*, de *chalcanthite*, de *soufre*, de *natrojarosite* et de *rœmerite*, qui, avec la *fibroferrite* et l'*halotrichite* inaccessibles à la mesure, complètent le tableau de ces associations minérales fort intéressantes qui tirent leur origine de l'oxydation d'une pyrite à gangue aplitique.

GÉOLOGIE. — *L'Anthracolithique dans l'Anatolie centrale.* Note de M. **E. Chaput**, présentée par M. Ch. Jacob.

Dans une Note antérieure [1], j'ai signalé l'existence de grès permiens, à *Fusulina elongata* Shumard, dans le massif de l'Elma Dagh, au Nord-Est d'Ankara (Angora), et j'ai indiqué la présence de grès à Fusulinidés indéterminables au Sud-Ouest de la ville. De nouvelles explorations m'ont permis de trouver des dépôts permiens en divers points du plateau de Galatie, entre Ankara et la région d'Haymana. Ce sont des calcaires clairs ou sombres, tantôt compacts, tantôt gréseux ou schisteux; leur faune, étudiée par M. Ciry, comprend des Neoschwagerines, des Sumatrines, avec *Staffella*, *Verbeekina*, des Fusulines des groupes *elongata*, *vulgaris*, etc.; on y trouve aussi d'autres Protozoaires, surtout des *Glomospira*, et des

[1] E. Chaput, *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 1592.

Algues, parmi lesquelles Mlle Pfender a reconnu *Mizzia velebitana* Schubert, espèce du Permien dalmate; les bancs, très redressés et disloqués, souvent bréchiques, sont dirigés à peu près Nord-Sud; la montagne de Dikkilitash et les environs de Dereköy jalonnent cette zone permienne.

En quelques points de la même région, à Ludumlu et Dikkilitash, des calcaires gris, plus ou moins foncés, ne contiennent ni Neoschwagerines, ni Sumatrines; leurs Fusulines appartiennent, d'après M. Ciry, aux groupes *secalis* et *longissima;* ils contiennent des Brachiopodes, rapprochés, par M. Delépine, de *Marginifera pusilla* Schellwien. D'après les matériaux actuellement étudiés, ces terrains paraissent être d'âge ouralien.

D'autre part, à 10^{km} au Sud-Sud-Ouest d'Ankara, près de Yalyncak, on rencontre, sous des calcaires discordants attribués provisoirement au Trias, des grès, des conglomérats, de minces bancs de calcaires noirs, le tout plissé suivant une direction Nord-Est à Nord-Nord-Est. Des fossiles y ont été découverts récemment par Hadi Galip bey, ingénieur en chef des mines à Ankara; nous connaissons maintenant de ce gisement la faune viséenne suivante, déterminée par M. Delépine : *Productus fimbriatus* Sow., *Productus elegans* M. Coq., *Spirifer bisulcatus* Sow., avec des *Productus* des groupes *longispinus*, *Cora*, *reticulatus*, des *Chonetes*, *Martinia*, *Meekella*, de nombreux Crinoïdes et Fenestellidés.

Ainsi on connaît actuellement, en Anatolie Centrale, outre le Trias et le Permien, un Carbonifère complexe. L'ensemble a de grandes affinités avec l'Anthracolithique de Balia Maden (Anatolie Occidentale, entre la mer Égée et la Marmara) qui comprend du Viséen et de l'Ouralo-permien, avec Trias discordant. Des calcaires à très grandes Fusulines, observés récemment par Fliegel près d'Amasia, jalonnent la mer anthracolithique au delà d'Ankara vers la Transcaucasie.

La faune viséenne d'Ankara renferme, d'autre part, des espèces communes avec les faunes du même âge de l'Anatolie Septentrionale (Zonguldak-Amasra) et de l'Anatolie Méridionale (Taurus); mais, après le Viséen, l'Anatolie Septentrionale se distingue de la région d'Ankara, plus méridionale. Les charbons du bassin de Zonguldak, à flores sudétienne, westphalienne (et même stéphanienne d'après Wilser), ne sont pas connus en Galatie, où les seuls dépôts charbonneux paléozoïques observés, d'ailleurs très réduits, sont dans les grès viséens. De plus, tandis que l'on trouve des Fusulines ouralo-permiennes, non loin d'Ankara, dans des grès, schistes et calcaires, on ne connaît pas de faunes marines, après le Viséen, dans les terrains paléozoïques des régions voisines de la mer Noire au Nord d'Ankara

GÉOLOGIE. — *Présence du Crétacé inférieur au Djebel Safia, province de Constantine.* Note de M. **P. Deleau**, présentée par M. Ch. Jacob.

Le Djebel Safia occupe l'angle nord-est de la Feuille de Jemmapes au 1/50000e; sa direction subméridienne le place dans le prolongement du Djebel Filfila. La direction subméridienne de ce dernier a été notée par M. Joleaud. D'après Coquand, Ficheur et L. Joleaud (1), cette montagne semble se raccorder « aux reliefs liasiques de la terminaison orientale de la chaîne numidique, vers Gastu, par les pointements calcaires du Djebel Safia ». Ces pointements calcaires (284, 330, 260m), alignés en chaîne et tout à fait dénudés, dominent la partie occidentale de l'immense dépression de Fetzara dont l'altitude varie de 20 à 25m.

Une coupe SO-NE du Djebel Safia, passant par la côte 330, montre :

1° Des schistes bleus, non calcarifères, se délitant en baguettes et contenant des lentilles de calcschistes (pendage SO 30-35°, puissance 120m).

2° Des schistes et des calcschistes bleus, lités, en bancs de 20 à 30cm (pendage SO 35-40°, puissance 130m).

3° Des calcaires bleus à rognons siliceux, bien lités (pendage SO 40°, puissance 30m).

4° Une brèche calcaire sur 150m.

Une faille parallèle à l'axe de la montagne provoque une répétition de la formation et explique sa puissance.

5° Des calcaires massifs, gris blancs, parfois rosés, dont certains bancs sont pétris d'encrines. Ces calcaires, qui constituent l'axe de la chaîne, ont fourni quelques fragments indéterminables de Brachiopodes.

6° Une brèche calcaire (pendage NNE 30°, puissance 40m).

7° Des calcaires bleus à nodules siliceux (pendage NNE 30°, puissance 60m).

8° Des calcschistes bleus, roses, bien lités (pendage NNE 30-20°, puissance 30m).

9° Des schistes et calcschites, bleus, rouges lie de vin (pendage NNE 20°, puissance 100m.

10° Une alternance de schistes bleus, rouges lie de vin et de quartzite.

Le Djebel Safia apparaît donc comme un anticlinal très simple, où la faille citée plus haut ne modifie pas l'allure générale de l'ensemble.

Les calcaires massifs, attribués au Lias par Coquand (2) et Ficheur, contiennent des tiges d'encrines et des Belemnites. Ils peuvent représenter

---

(1) *Étude géologique de la chaîne numidique et des monts de Constantine*, p. 340.

(2) Coquand, *Description géologique de la province de Constantine* (*Mém. Soc. G. Fr.*, 2, 1re Partie, 1854, p. 66).

le Lias moyen. On n'y trouve pas l'assise de calcaire marneux à *Hildoceras retrorsicosta* du Lias supérieur, qu'on peut observer le long de la chaîne numidique de La Robertsau à Gastu.

Jusqu'à ce jour, la série concordante de part et d'autre des calcaires liasiques : calcaires à nodules siliceux, calcschistes, schistes et calcschistes, schistes et quartzites, était considérée comme d'âge éocène moyen. Aucun fossile n'y avait été trouvé. Or nous venons de découvrir, au contact des schistes et calcschistes, une importante faune d'Ammonites pyriteuses, semblable à celle bien connue du Djebel Ouach, caractéristique du Barrémien à faciès bathyal : Nombreux *Phylloceras*, *Lytoceras Cirtæ* Coq., *Lytoceras numidum* Coq., *Desmoceras difficile* d'Orb., *Holcodiscus diverse costatus* Coq., *Holcodiscus Asterieriformis* Sayn, *Holcostephanus intermedius* Sayn, *Hoplites Henoni* Coq., *Pulchellia Dauremonti* Sayn, *Pulchellia provincialis* d'Orb., *Pulchellia Sauvageaui* Coq., *Leptoceras Juilleti* d'Orb., *Baculites neocomiensis* Coq., *Hamulina* et *Nuculana ouachense* Coq.

Les fossiles sont rares dans la masse même des calcschistes. Ils sont très abondants là où les calcschistes s'intercalent de schistes rouges et bleus à filonnets de quartz et à séricite. Ces schistes, malgré leur aspect lustré, particulièrement net sur le versant oriental, diffèrent totalement des schistes lustrés anciens dont un affleurement important existe à $2^{km},500$ au Sud-Ouest de l'axe du djebel et forment le substratum de toute la région ([1]).

Toute cette série concordante des grès à nodules siliceux, des calcschistes, des schistes et des quartzites, peut être considérée comme du Crétacé inférieur dont le terme moyen présente un faciès bathyal.

La découverte de cette faune barrémienne modifie sensiblement les idées admises sur la paléographie du Crétacé inférieur au Nord-Est de Constantine. L'absence de tout dépôt crétacé nettement daté avait conduit à penser qu'une aire continentale couvrait, au Néocomien, la région du Tell, de Bône à Philippeville et à Collo. La carte paléographique établie par M. J. Savornin, dans son Ouvrage sur la géologie algérienne, traduit cette opinion ([2]).

L'existence au Djebel Safia de dépôts barrémiens de faciès profond et de dépôts détritiques, dont l'ensemble doit représenter à peu près tout le Crétacé inférieur, prouve que les mers crétacées recouvraient le littoral

---

([1]) P. Deleau, *Comptes rendus somm. des séances de la Soc. géol. de France*, 135-136, 1932.

([2]) *La Géologie algérienne et nord-africaine*, p. 299 et pl. VII.

constantinois au Nord de Jemmapes entre le lac Fetzara et Philippeville. Cette région possède la même évolution paléographique que le Tell constantinois et le Tell oranais.

GÉOLOGIE. — *Sur les relations tectoniques entre les zones bétique, pénibétique et subbétique du Sud-Ouest de l'Andalousie.* Note de M. **Maurice Blumenthal**, présentée par M. Ch. Jacob.

En 1927, l'auteur, tentant une subdivision du tronçon Sud-Ouest des Cordillères bétiques, y distinguait de l'extérieur vers l'intérieur des zones prébétique, subbétique, pénibétique et bétique, cette dernière étant surtout composée de formations paléozoïques et cristallines. Il envisageait alors l'existence d'une grande nappe dont le Bétique de Malaga formait le noyau préhercynien et le Subbétique la partie frontale. Mais des levers ultérieurs (1928) montrèrent que cet immense front mésozoïque ne pouvait appartenir à une seule nappe. Étudiant la transversale du Rio Guadalhorce, l'auteur ([1]) établit que le front de la grande nappe se réduisait à la zone pénibétique, que la zone subbétique est enracinée au Nord de l'unité bétique et séparée du fronton pénibétique par le Trias d'Antequera, masse chaotique offrant l'apparence d'un vaste bombement extrusif. Cette conception obligeait donc à supposer que, malgré leurs affinités de faciès, les unités subbétiques et pénibétiques avaient été originellement séparées par une grande distance, leur séparation s'accroissant encore par l'intercalation sous le front bético-pénibétique des Rondaïdes et Alpujarrides, caractérisées par leur Trias alpin.

Le rattachement de la totalité du Pénibétique au front du Bétique de Malaga était basé sur des observations locales et sur de nombreuses coupes qui démontrèrent la liaison tectonique intime et immédiate de la série mésozoïque avec les schistes anciens. Dans les régions d'El Burgo et d'Ardales (*loc. cit.*, p. 257 et 196), du Chorro (*ibid.*, p. 223 et *fig.* 9), de Valle de Abdalagis (*ibid.*, p. 224) et dans la zone de Colmenar (*Bull. Soc. géol. France*, 5e série, t. I, p. 79), partout une cohérence apparente semble unir une zone interne du Pénibétique aux plis plus externes et plus étendus

([1]) *Eclog. geol. Helv.*, 23, 1930, p. 41-293.

de cette unité; d'où la notion de l'existence d'un large capuchon pénibétique au front de la nappe bétique de Malaga.

Malgré la rigueur de ces coupes et des conclusions qu'elles entraînent, une analyse tectonique et stratigraphique, basée sur des étendues plus grandes, tend à faire abandonner l'hypothèse d'un Pénibétique solidaire en entier du Bétique. Les recherches plus récentes, faites vers le SW (Province de Cadiz), où l'atténuation des forces orogéniques est manifeste, montrent les différentes unités moins disloquées. Les liens qui soudent la partie externe du Pénibétique de Ronda aux éléments subbétiques y sont apparents et obligent à voir une continuité directe entre les deux zones. C'est surtout l'identité de la série Infralias-Trias de faciès germanique, formant à la fois le noyau des plis pénibétiques et la base des éléments structuraux subbétiques, qui ne permet point de voir un grand hiatus tectonique entre ces deux zones. Dailleurs les différences entre Pénibétique et Subbétique pour ce qui concerne la série jurassico-crétacée s'atténuent ici, surtout dans le Crétacé, sans, pourtant, que l'individualité des deux zones disparaisse complètement.

Le flysch, transgressif et le plus souvent d'âge lutétien, s'étend sur cette transversale entière et unit les différentes zones; il recouvre les restes de plissements préexistants (pyrénéens *sensu lato*) et masque largement les relations des unités. Le plissement oligocène a serré les éléments structuraux, les soudant dans leur zone interne au socle bétique, qui finit par les chevaucher. Ce n'est donc qu'*une marge fort étroite de la zone pénibétique qui reste d'après ces vues*, acquises plus au SW, *solidaire du front paléozoïque*. Nous y devons compter la zone interne embrassant les montagnes de Casares-Gaucin (équivalent de la chaîne calcaire de Tetuan du Rif marocain), la bande calcaire du Rio Turon (Ardales), ainsi que les témoins épars qui ornent la lisière extérieure du Paléozoïque entre le Chorro et Colmenar; les autres écailles et plis de la zone médiane et externe auraient donc une origine « citrabétique » (enracinée au Nord du front bétique).

HYDROLOGIE. — *Nouvelles recherches sur la radioactivité des eaux du massif du Ballon d'Alsace.* Note de MM. **R. Delaby**, **R. Charonnat** et **M. Janot**, présentée par M. A. Desgrez.

Les mesures que nous avons faites en 1931 et 1932 [(1), (2)] ont révélé la présence au sommet des principaux ballons des Vosges (les sommets granitiques à l'exclusion des autres) de nombreuses sources très radioactives.

Les chiffres exceptionnellement élevés (24 à 93$^{m\mu c}$) obtenus avec les sources qui apparaissent au Ballon d'Alsace, à une altitude supérieure à 1100^{m}, nous ont incités à poursuivre notre étude dans cette région.

I. Nous avions trouvé les points d'eau les plus radioactifs dans le pli où prend naissance la Savoureuse, la rivière de Belfort. Comme il s'agit d'eaux évidemment superficielles, leur débit et leur minéralisation varient dans de larges limites. Loisel pour les eaux de Bagnoles-de-l'Orne (3) et Ludewig pour les eaux de Brambach (4) ont noté une augmentation de la radioactivité des eaux d'origine superficielle sous l'influence des chutes de pluie, la décomposition spontanée de l'émanation étant réduite par la vitesse plus grande du courant aqueux. Ce facteur ne peut être seul en cause. Ainsi nous avons obtenu pour la branche Est de la source de la Savoureuse 63$^{m\mu c}$,5 (en millimicrocuries par litre d'eau à l'émergence) en septembre 1931 après un mois pluvieux, 82,5-88$^{m\mu c}$,1 en septembre 1932 après un été fort sec et 87$^{m\mu c}$,6 le 11 septembre 1933 après six semaines sans pluie. La branche Ouest de la même source, encore plus riche en émanation, a donné, entre autres, les chiffres suivants :

14 septembre 1932..........	$^{m\mu c}$ 93,1	après beau temps
11 septembre 1933..........	106,3	id.
17 septembre 1933..........	102,5	id.
23 septembre 1933..........	96,7	après 4 jours de pluie

On notera que la radioactivité de cette source a égalé la plus haute valeur observée sur une source française, la source de la Montagne à

(1) *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 1434.

(2) *Comptes rendus*, **195**, 1932, p. 1294.

(3) *Comptes rendus*, **171**, 1920, p. 858 et **173**, 1921, p. 921 ; *Ann. Inst. Hydrol. Climatol.*, **2**, 1924, p. 169.

(4) *Physik. Zeit.*, **22**, 1921, p. 121.

Chateldon (Puy-de-Dôme). Il n'y a en Europe qu'un petit nombre de sources plus riches en radon. Une différence essentielle apparaît entre les deux eaux : celle de Chateldon a une teneur en émanation remarquablement fixe; les mesures de Jacquet ([1]) (105,0 à $106^{m\mu c},3$ d'avril 1925 à mai 1926) ont été confirmées récemment par Mme L. Blanquet ([2]) ($106^{m\mu c},3$ de mai à septembre 1932); Jacquet a expliqué cette radioactivité par le passage de l'eau sur des filonnets de quartz chargés de minerais radioactifs. La source de la Montagne est bicarbonatée calcique avec un extrait sec à 180° dépassant 1^g par litre; le débit des deux griffons est de l'ordre de 2 litres-minute. Les sources de la Savoureuse ne peuvent se minéraliser qu'au contact du granit; leur extrait sec à 180° est le plus faible qui ait été observé sur une eau de source, 11^{mg} par litre; leur débit, même en période sèche, est assez considérable.

II. L'émanation radioactive des sources de la Savoureuse ne peut jouer aucun rôle dans le cours inférieur de la rivière; la descente torrentielle sur les flancs du Ballon d'Alsace provoque le dégagement du radon dans l'atmosphère; la désintégration spontanée se poursuit pendant le séjour des eaux dans les étangs Madrier et du Petit-Haut. La radioactivité de l'eau de la rivière, tombée à $0^{m\mu c},2$ après les étangs, est pratiquement nulle après la cascade du Rummel et après le saut de la Truite, à 3^{km} des sources. Les affluents qui se jettent en aval dans la Savoureuse ne lui apportent pas de radon pour les mêmes raisons. Trois sources, qui viennent au jour à la périphérie Sud du massif granitique ou dans sa bordure de roches volcaniques d'âge tournaisien, nous ont fourni des radioactivités assez basses : Goutte Belleau, $5^{m\mu c},8$; Goutte Thierry, $2^{m\mu c},2$; Goutte des Forges, $5^{m\mu c},0$; l'eau de la Goutte du Lys, tributaire de droite dans la même région, n'est plus radioactive lorsqu'elle rejoint la Savoureuse.

III. Nous avons enfin étendu nos investigations à l'Ouest du Ballon d'Alsace, sur le Ballon de Servance formé du même granite porphyroïde à amphibole. La circulation souterraine de l'eau y est plus facile à saisir : on y voit au sommet (altitude 1210^m) une calotte de 20 à 30^m de diamètre à végétation xérophile; puis commence aussitôt une zone très humide, tourbière qui retient l'eau pluviale et la laisse échapper plus bas en d'innombrables sources ou suintements; ces eaux, qui n'ont guère touché le granite, ont une radioactivité assez faible, $0^{m\mu c},1$ pour la source la plus rapprochée

---

(1) *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 1398.

(2) *Ann. Inst. Hydrol. Climatol.*, 8, 1933, p. 229.

du sommet, $2^{m\mu c},7$ pour une source à 100^{m} au Sud-Ouest du signal. Les sources qui apparaissent plus bas dans le granite vers 1000^{m} d'altitude sont plus radioactives :

	mμc
Source versant du Fray, à 600^{m} Sud du fort.............	19,2
Fontaine Marie-Anne, Sud du fort, trib. Ru de Miélin....	12,9
Source des Arrachis, Sud du fort, trib. du Rahin.........	11,8

Le Ballon de Servance porte quelques lambeaux de grès vosgien, témoins de la couverture triasique des sommets des Vosges; ce contact ne paraît pas jouer un rôle dans l'origine de l'émanation : nous avons prélevé au pré de Bravouse, un peu au-dessous du poudingue, dans le granite, une source tributaire du Rahin par la Goutte des Saules (Sud du fort) : la radioactivité y atteignait $10^{m\mu c},8$.

La valeur la plus élevée sur le Ballon de Servance a été observée dans l'une des sources situées au-dessus du kilomètre 7 de la route stratégique (Goutte de la Fonderie) à 1000^{m} d'altitude environ et au Nord-Ouest du fort; le nombre obtenu, $38^{m\mu c},1$ rappelle les valeurs élevées des sources du Ballon d'Alsace qui sont à 4^{km} à vol d'oiseau de celle-ci.

Ces mesures faites sur le Ballon de Servance confirment donc nos observations antérieures sur la forte radioactivité des eaux issues des granites vosgiens et notre hypothèse sur l'origine de cette radioactivité.

OCÉANOGRAPHIE. — *Enregistrements de longue durée par photographie de matières phosphorescentes.* Note (¹) de M. **P. Idrac**, présentée par M. Ch. Maurain.

Ce mode d'enregistrement a trait au cas où le phénomène à enregistrer n'a pas assez de puissance mécanique pour faire mouvoir un style inscripteur et où il faut avoir recours à un procédé photographique. Dans ce cas, quand il s'agit d'enregistrements de longue durée, l'entretien d'une source lumineuse peut être une gêne assez grande (études géophysiques en des postes isolés de montagne ou du désert, au fond de la mer, etc.).

Les essais qui font l'objet de cette Note ont eu pour but d'obtenir des enregistrements avec des matières rendues phosphorescentes par la présence de corps radioactifs. S'il s'agit d'un mouvement linéaire, la pièce

(¹) Séance du 6 novembre 1933.

porte un point lumineux dont l'image est formée au moyen d'une lentille sur une pellicule panchromatique *du commerce;* celle-ci est placée sur un tambour dont l'axe de rotation est parallèle au mouvement à enregistrer et tourne avec une vitesse proportionnelle au temps. S'il s'agit d'un mouvement rotatif (boussole par exemple) la pièce en rotation porte une spirale lumineuse tracée sur un disque léger participant au mouvement (ou une hélice tracée sur un tambour). Une fente convenablement placée permet de traduire de même ce mouvement par celui d'un spot se déplaçant suivant la génératrice du cylindre inscripteur. On obtient de toute façon une courbe dont les ordonnées sont proportionnelles aux déplacements linéaires ou aux angles de rotation, et les abscisses proportionnelles au temps.

La luminosité étant nécessairement faible, si l'on veut avoir une matière luminescente de longue durée (plusieurs années), il faut se contenter d'un enregistrement lent. Toutefois, en soignant convenablement la partie optique, on arrive à avoir des enregistrements permettant de distinguer des variations embrassant la minute.

Ce mode d'enregistrement a été appliqué à l'étude de la direction des courants sur le fond de la mer, au laboratoire maritime du Collège de France à Concarneau.

La légèreté et les faibles dimensions des appareils basés sur ce principe permettent un mode d'accrochage extrêmement simple et peu coûteux à telle hauteur que l'on veut au-dessus du fond de la mer, en employant les flotteurs profonds en verre bien connus à bord des chalutiers, ce qui permet d'éliminer l'effet perturbateur du flotteur de surface. D'une simple barque, un seul homme peut opérer le mouillage et retirer l'appareil sans aucune difficulté.

Des appareils basés sur ce principe seront prochainement utilisés pour l'étude des eaux profondes en Méditerranée.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Observations du champ électrique de l'air à l'Observatoire de Ksara (Liban) pendant l'éclipse de Soleil du 21 août 1933.* Note de M. **Jean Chevrier**, présentée par M. Maurain.

Le champ électrique de l'air est, à l'Observatoire de Ksara, enregistré depuis août 1932 (Antenne d'une dizaine de mètres de long tendue sur la terrasse du pavillon principal de l'Observatoire, égaliseur de potentiel à

ionium fixé au milieu de l'antenne à 1m,75 au-dessus de la terrasse, électromètre bifilaire de Wulf à enregistrement photographique permettant également les lectures directes).

Le papier photographique se déroulant à une vitesse de 7mm,2 à l'heure, il est malaisé de suivre le détail des variations du champ. C'est pourquoi, du 18 au 24 août inclus, entre 4h30m et 7h30m, les heures sont exprimées en temps du deuxième fuseau, je fis des lectures directes du champ de 2 en 2 minutes. Les valeurs lues se prêtent mal à des comparaisons car leur grandeur varie notablement d'un jour à l'autre; je calcule donc pour chaque jour la moyenne des lectures faites entre les heures indiquées :

Jours	18.	19.	20.	21.	22.	23.	24.
Moyenne (volts/mètre)	39,2	35,8	33,8	38,8	42,8	30,3	36,9

nombres dont la moyenne 36,7 est en bon accord avec la moyenne des moyennes horaires pour 5h, 6h et 7h en août 1932, 35,6 et août 1933, 36,5.

En retranchant de ces moyennes les valeurs du gradient pour chacune des lectures directes, j'obtiens pour les mêmes jours la variation du gradient; j'établis la moyenne des variations au même instant pour les 18, 19, 20, 22, 23 et 24 (ligne *a* du tableau) et je les compare aux variations aux mêmes heures le 21 (ligne *b*) :

Heures	4.40	4.45	4.50	4.55	5.00	5.05	5.10	5.15	5.20
a	−8,2	−8,6	−8,9	−8,9	−6,3	−6,9	−6,7	−8,7	−8,4
b	−16,6	−16,1	−14,8	−9,6	−10,2	−9,4	−8,2	−8,3	−8,6

Heures	5.25	5.30	5.35	5.40	5.45	5.50	5.55	6.00	6.05
a	−8,5	−7,5	−5,7	−2,4	−2,4	−3,5	−2,0	+0,3	+2,8
b	−4,8	−3,6	−3,9	−3,7	−4,2	−6,1	−7,2	−3,8	−4,4

Heures	6.10	6.15	6.20	6.25	6.30	6.35	6.40	6.45	6.50
a	+4,6	+5,4	−4,4	+4,8	+5,0	+6,8	+7,5	+9,1	+10,2
b	−5,2	−5,3	−7,6	−9,9	−8,1	−0,3	+14,3	+24,4	+27,6

Heures	6.55	7.00	7.05	7.10	7.15	7.20
a	+8,7	+8,2	+7,6	+9,9	+10,5	+11,1
b	+24,1	+21,0	+19,9	+17,8	+10,3	+6,0

Si l'on se rapporte aux éléments de l'éclipse pour Ksara qui m'ont été communiqués par le R. P. Berloty :

Commencement	Avant le lever du Soleil
Maximum	5h58m,0
Fin	7h08m,2
Grandeur	0,933

il semble que l'éclipse ait retardé l'augmentation normale du gradient entre 5ʰ40ᵐ et 6ʰ35ᵐ avec un maximum d'effet vers 6ʰ25ᵐ, soit 25 minutes environ après la plus grande phase.

Ces résultats sont comparables à ceux obtenus ailleurs antérieurement, en particulier par Johnston à Point Loma le 10 septembre 1923 (*Ter. Mag.*, 29, 1924, p. 17).

Il convient toutefois d'accueillir les observations que je présente avec une certaine réserve, car à ces heures le gradient manifeste souvent, même pour des journées par ailleurs calmes, des variations passagères dont l'amplitude peut atteindre 80 pour 100 de la valeur normale.

PALÉOBOTANIQUE. — *Sur la silve de l'Armor léonard depuis le Flandrien moyen et sur la genèse de quelques tourbes en cette contrée.* Note [1] de M. **Georges Dubois** et Mᵐᵉ **Camille Dubois**, présentée par M. Ch. Barrois.

Quatre tourbières littorales submergées des environs de Saint-Pol-de-Léon (Finistère) nous permettent, grâce à la pollenanalyse, d'écrire l'histoire forestière de l'Armor (ou région littorale) du Pays de Léon, depuis le Flandrien moyen (Néolithique) jusqu'à nos jours. Toutes quatre, portées par M. Ch. Barrois, sur la feuille de Lannion de la Carte géologique, découvertes à marée basse, inondées à marée haute, offrent les caractères généraux de la plupart des tourbières submergées du littoral français, établies dans des estuaires ou des plaines maritimes depuis le Flandrien moyen. Effectivement la tourbière de Santec nous a livré, à sa base, des éclats de taille d'industrie vraisemblablement néolithique. Diversement orientées dans les découpures du rivage léonard, elles ont recueilli des essemées polliniques variées, issues de forêts aujourd'hui presque totalement disparues. Ajoutons qu'elles montrent trois types assez différents de tourbe : tourbe autochtone de marais, tourbe autochtone de marais avec quelques apports allochtones, tourbe autochtone d'estuaire avec forts apports allochtones.

Tourbière de Carantec. Anse du Clouet. — La tourbière est entourée de terres massives dans le secteur W et SW, secteur des vents dominants. La tourbe épaisse de 0ᵐ,80, parfaitement autochtone, pauvre en restes macroscopiques, est riche en pollens. La pollenanalyse montre : à la base Aulne abondant avec peu de Chêne et de Hêtre; puis régression de l'Aulne

(1) Séance du 6 novembre 1933.

au profit de la Chênaie mixte et du Hêtre, avec prédominance du Chêne au début, du Hêtre pour terminer. Peu de Coudrier à tous niveaux; sporadiquement traces de Bouleau, Pin, très rare Epicéa. La position de la tourbière, la richesse de la tourbe en pollens, sont autant d'indices que le spectre pollinique ici présenté traduit assez fidèlement l'histoire même de la forêt bretonne, en Armor septentrional, depuis le Néolithique jusqu'à la période de destruction forestière, en des temps très voisins des nôtres.

Autres tourbières. — Chacune des autres tourbières étudiées offre des caractères qui l'éloignent de la tourbière type Clouet par quelque particularité.

Celle de *l'anse du Kelenn, à Carantec*, n'offre que $0^{m},30$ de tourbe; nettement autochtone, sise au milieu de caps fort découpés, elle n'a pu recevoir l'essemée pollinique régulière de grandes forêts avoisinantes; aussi est-elle pauvre en pollens. Sa pollenanalyse traduit de manière étriquée l'histoire forestière que nous venons de décrire.

La tourbière de *Santec* est ouverte à la mer vers l'Ouest. Elle n'a reçu de pluies polliniques appréciables que des bois d'Aulnes qui l'avoisinaient immédiatement et cela, pendant toute son évolution depuis le Néolithique; elle fut peu nourrie de pollens de Chêne et encore moins de Hêtre, Chênaies et Hêtraies étant trop éloignées. De très lointains et rares Pins sylvestres, quelques Bouleaux, Charmes et Coudriers ont contribué très faiblement à l'alimenter en pollens. A la base (au niveau des éclats de taille lithique), la tourbe est riche en noisettes, et à tous les niveaux en fragments de bois : les unes et les autres manifestement apportés par l'eau. Sur toute son épaisseur ($0^{m},50$), la tourbe de Santec est autochtone, formée en marais, enrichie d'apports faiblement allochtones.

La grande tourbière *devant Kerrien et Roguennic à Cléder*, le long d'un rivage à façade convexe regardant au Nord, est mal orientée quant à l'apport de pollen par les vents dominants. Elle fait partie du territoire d'un ancien estuaire. La tourbe épaisse de $0^{m},80$ y est très compacte, très noire et surchargée de troncs et débris de bois charriés par l'eau; les pollens y sont rares, d'ailleurs très souvent altérés comme si nombre d'entre eux avaient été, eux aussi, charriés par l'eau. La pollenanalyse indique, dans l'ensemble, le voisinage d'une Chênaie mixte, avec Coudrier relativement fréquent; l'Aulne comme le Hêtre tiennent une place fort effacée; quelques bouffés irrégulières de lointains Pins sylvestres. La tourbe de Cléder, certes autochtone dans sa masse générale, contient des éléments allochtones pour une très forte part et sa pollenanalyse traduit plus que celles d'autres tourbes totalement autochtones, des dispositifs forestiers locaux.

BOTANIQUE. — *Sur les ponctuations intercellulaires.*
Note de M. **André Dauphiné**, présentée par M. Molliard.

La structure des ponctuations de la membrane a donné lieu à diverses interprétations parfois contradictoires. C'est ainsi que pour certains auteurs (H. von Mohl, Schleiden, Strasburger), la mince membrane qui sépare les cavités cellulaires est formée par les couches primaires accolées au fond de la ponctuation, celle-ci étant respectée par les couches suivantes, tandis que pour d'autres (Hartig, Dippel) les parois de la ponctuation sont tapissées par la couche tertiaire.

L'étude morphologique et microchimique des ponctuations au cours de l'évolution de la cellule m'a permis de reconnaître que ces deux assertions ne s'excluent pas d'une manière absolue, et aussi de préciser la nature de la lamelle qui forme le fond commun à deux cellules contiguës. En effet, la couche dite tertiaire ne tapisse jamais le fond de la ponctuation et n'en tapisse que partiellement ou pas du tout les parois latérales dans les membranes en voie de croissance, mais elle peut se différencier ultérieurement dans des membranes ayant terminé leur accroissement, ce cas paraît d'ailleurs assez rare. En ce qui concerne la nature de la cloison de séparation, que Van Tieghem considérait comme cellulosique, elle est la même que celle de la lamelle moyenne des jeunes cellules : elle est constituée par de la pectose et aussi, comme je l'ai récemment montré, par des substances protéiques (¹).

Si l'on compare l'évolution des ponctuations chez des éléments à membranes pecto-cellulosiques, telles que celles du collenchyme du pétiole de Lierre, et chez des cellules lignifiées telles que celles de la moelle dans la tige de Clématite, on constate que pendant la période d'accroissement le fond de la ponctuation est uniquement formé par la lamelle moyenne et que ses parois latérales ne présentent aucune différenciation par rapport aux régions profondes de la membrane. Ce n'est que dans les cellules âgées du collenchyme de Lierre que l'on peut, d'ailleurs difficilement, mettre en évidence un revêtement cellulosique de la lamelle moyenne au fond des ponctuations. Dans les cellules de la Clématite, la lignification affecte toute l'épaisseur de la membrane, y compris la lamelle moyenne, sauf au niveau des ponctuations où celle-ci continue à fixer le rouge de ruthénium en solution diluée, sans présenter de traces de cellulose ni de lignine.

Cette structure des ponctuations, rapprochée de la présence de substances

---

(¹) *Comptes rendus*, 196, 1933. p. 1738.

protéiques dans la lamelle moyenne et dans les parties profondes de la membrane, permet d'envisager d'une manière nouvelle les phénomènes d'accroissement de la membrane ainsi que les rapports intercellulaires. En effet, le cytoplasme remplit la cavité de la ponctuation et butte au fond de celle-ci contre la lamelle moyenne : il se trouve donc en contiguïté étroite avec les parties profondes de la membrane, par conséquent avec les substances protéiques qu'elle contient; sans qu'il soit encore possible de le démontrer d'une manière absolue, on ne peut manquer de voir dans ce fait un argument important en faveur de l'existence de phénomènes vitaux au sein de la membrane elle-même.

D'autre part, au fond de la ponctuation, les cytoplasmes de deux cellules contiguës ne se trouvent séparés que par une mince pellicule pecto-protéique dont l'épaisseur est généralement inférieure à un μ. Or, à la suite de recherches récentes, Jungers [1] est arrivé à cette conclusion que les plasmodermes ne représentent pas, comme il est généralement admis, des communications intercellulaires formées par de fins filaments cytoplasmiques traversant le fond de la ponctuation. Si la lamelle moyenne est constituée par un mélange de pectose et de substances protéiques provenant de la persistance de la plaque protéique primordiale, il devient possible d'admettre qu'il existe pratiquement, au niveau des ponctuations, et au moins pendant la période de croissance des éléments, une continuité de la matière vivante assurée par la nature même de la membrane.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Un nouvel exemple d'exsudation et de volatilisation des alcaloïdes chez les végétaux.* Note de M. **J. Chaze**, présentée par M. Molliard.

La conine ($C^8H^{17}N$) fait partie du groupe des alcaloïdes non oxygénés, liquides, et émettant des vapeurs à la température ordinaire. Dans des travaux antérieurs [2] nous avons montré que dans la plante du Tabac les alcaloïdes pouvaient, sous certaines conditions, être exsudés et volatilisés dans l'atmosphère. La communauté des caractères physiques et chimiques précédents entre la conine et la nicotine, nous a conduit à rechercher s'il n'existerait pas aussi une communauté de propriétés biologiques. Les résultats que nous exposons ici permettent d'affirmer qu'il existe une analogie certaine dans le devenir de ces deux bases végétales.

On sait que l'influence des conditions climatériques est considérable chez

---

(1) Jungers, *La Cellule*, **40**, 1930, p. 5.
(2) *Ann. Sc. Nat. Bot.*, **14**, 1932, p. 1.

Conium maculatum, et qu'en particulier, la Ciguë développée en Écosse contient très peu d'alcaloïdes [1]. Il importe donc dès maintenant d'indiquer que la station de Ciguë sur laquelle ont porté nos recherches est située au domaine de Salvert (Creuse). Les plantes examinées se développaient sous des décombres de maçonnerie, riches en calcaire, terrain très favorable à leur croissance. D'autre part nos examens ont été effectués en juillet et août 1933, pendant une période chaude et sèche; la station était presque entièrement découverte et très ensoleillée. Si l'on se reporte aux constatations que nous avons faites au sujet de l'exsudation du Tabac et du Lupin, les plantes de Ciguë se trouvaient placées dans des conditions optima, pour la production du phénomène que nous avons relaté pour la première fois.

Nos observations, d'ordre histochimique, ont porté, soit sur des lambeaux d'épiderme détachés de la tige, soit sur des feuilles ou des pièces florales entières. Le réactif employé était la solution de I^3K de Bouchardat très diluée; le contrôle a été effectué avec la solution d'acide silico-tungstique de G. Bertrand, les réactifs de Herder, de Mayer, de Dragendorf, les vapeurs de brome; la contre-épreuve d'Errera a été positive. Le réactif de Bouchardat pénètre généralement avec difficulté dans les cellules épidermiques de la Ciguë, cette résistance permet aux cellules de conserver pendant quelques minutes toute leur activité vitale.

Si l'on examine, au début du jour, dans I^3K, la face inférieure d'une feuille qui n'a pas été insolée, on voit se produire presque immédiatement une réaction alcaloïdale très marquée dans les éléments épidermiques de la nervure principale et dans l'épiderme du mésophylle voisin. Le réactif met en évidence des fines gouttelettes brunâtres de grandeur inégale, et ceci au niveau de séparation de deux cellules (ces gouttelettes forment généralement un cadre discontinu autour des cellules). Au niveau de l'ostiole de certains stomates, on voit apparaître à l'extérieur une masse sphérique brune et volumineuse; les cellules stomatiques d'un ostiole en voie d'exsudation présentent par la suite une réaction faible à l'intérieur de leurs éléments, tandis qu'au contraire ceux qui ne participent pas au phénomène accusent une réaction beaucoup plus accentuée; il existe donc une relation entre l'alcaloïde exsudé et celui qui est contenu dans les cellules. Des aspects analogues, et parfois plus marqués, peuvent être mis en évidence à toute heure de la journée, sur les épidermes des plantes ayant séjourné dans un sous-sol à une lumière très diffuse et à une température à peu près constante de 10°.

(1) A. Goris, *Localisation et rôle des alcaloïdes et des glucosides chez les végétaux*, Paris, 1914.

Une deuxième série d'observations est faite sur des plantes exposées à une pleine lumière solaire, et à une température variant entre 30 et 38°. Ici, coutrairement à ce que nous avions observé chez le Tabac et le Lupin, le début de la réaction est extrêmement faible ou nul, mais au bout de deux à cinq minutes, dans la même préparation, on voit apparaître des images analogues à celles que nous venons de décrire, et l'on assiste à la formation graduelle des gouttelettes exsudées en particulier par l'ostiole. La plante où a été fait le prélèvement est transportée dans le sous-sol où elle se trouve dans les conditions déjà indiquées. Après une demi-heure de séjour, un nouveau prélèvement et un examen sont effectués, et l'exsudation apparaît alors immédiatement sous le microscope, et ceci avec une grande intensité : les ostioles sont maculés, les cellules épidermiques sont tachées par des traînées brunâtres, la majeure partie des éléments épidermiques participe au phénomène, en particulier ceux des nervures et des régions voisines. Certains éléments inactifs au début, se teintent ensuite comme il a été indiqué. Les plantes conservent ainsi, à la lumière diffuse, leur propriété d'exsudation pendant 24 heures environ, mais celle-ci s'atténue ensuite assez rapidement. Si, les mêmes plantes sont exposées à nouveau aux rayons solaires, l'exsudation n'apparaît qu'après quelques minutes de séjour dans le réactif. Dans tous les cas, ce sont les tiges, feuilles et fleurs les plus jeunes qui sont les plus actives, la base des tiges n'y participe que faiblement. De ces faits, l'on peut conclure que si l'exsudation de la conine existe dans la Ciguë, ce phénomène est suivi d'une volatilisation très rapide chez les plantes exposées à la pleine lumière et à la chaleur; qu'elle est très atténuée à la lumière diffuse, à une température de 10°, et que le phénomène peut continuer à se produire dans le réactif de Bouchardat dilué.

Quelles que soient les précisions qu'apportent ces nouvelles recherches sur le devenir des alcaloïdes volatils, il est indispensable que la matérialité du phénomène soit contrôlée par une expérience physiologique analogue à celle que nous avons faite pour le Tabac; c'est à sa réalisation que nous procéderons ultérieurement.

PHYSIQUE VÉGÉTALE. — *Contribution à l'étude de la valeur boulangère des farines.* Note de MM. **de Condé** et **Heudebert**, présentée par M. Blaringhem.

Les deux caractéristiques principales sur lesquelles on s'appuie pour apprécier la valeur boulangère des farines sont :

I. La teneur en gluten sec de la farine;

2° La qualité de ce gluten sec.

La méthode analytique donnant le gluten sec a été standardisée à la suite des travaux de Arpin (1905).

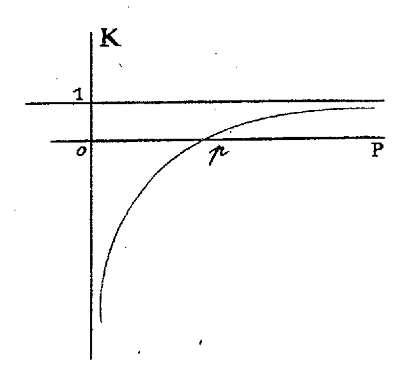
La qualité du gluten peut être appréciée par son pouvoir d'hydratation, et traduite en chiffres par la forme

$$\frac{(P-p)}{P}100 = K,$$

dans laquelle

P représente le gluten humide } de 100g de farine.
p représente le gluten sec }

Les variations de ce coefficient K ainsi défini, en fonction du pouvoir d'hydratation du gluten, c'est-à-dire en fonction de la variable P (p étant



supposé fixe), sont représentées par une hyperbole équilatère ayant pour asymptote l'axe des ordonnées et une parallèle à l'axe des x passant par l'ordonnée $K = 1$; l'axe des x est coupé par l'hyperbole pour

$$P = p.$$

Cette variation a l'inconvénient, dans le domaine pratique, de ne présenter, dans la partie utile de la courbe, que de faibles variations du coefficient K pour de grandes variations de la valeur boulangère de la farine, et, d'autre part, de présenter pour K des variations non simples du pouvoir d'hydratation du gluten.

II. Nous avons utilisé avec plus de commodité un coefficient K', défini par

$$\frac{(P-p)}{p}100 = K',$$

dont la variation en fonction de P est linéaire, et dans laquelle les variations de K' sont suffisamment influencées par de petites variations de qualité des farines.

III. Pour une farine donnée, les deux caractéristiques K et K' se révélant encore d'une interprétation courante insuffisamment aisée, nous avons été amenés, par de très longues études, comparant la théorie et la pratique, à utiliser un troisième coeffieient A, défini par

$$P - p = A.$$

Dans la pratique, les coefficients A *et* K' *se sont révélés nécessaires et suffisants pour caractériser une farine et déterminer sa valeur pour la fabrication d'un produit donné, travaillé dans des conditions déterminées.*

La question peut se résumer de la façon suivante :

Pour une fabrication donnée, faite d'après une formule fixe et dans des conditions de travail déterminées, la farine donnant au travail les résultats les meilleurs est pratiquement définie d'une façon totale par le coefficient : $A = P - p$ sous réserve que, pour cette farine, le coefficient

$$K' = \frac{(P - p)}{p} 100$$

soit tel que $180 < K' < 200$.

Exemples. — Supposons que l'expérience ait donné, pour un produit déterminé, la quantité maximum par l'emploi d'une farine dont le coefficient était $A = 22$.

Il n'importera pas ensuite que la farine employée soit une farine n° 1, qui donne 33 pour 100 de gluten humide par 11 pour 100 de gluten sec, c'est-à-dire

$$A = 33 - 11 = 22,$$

ou une farine n° 2 faisant 34 de gluten humide par 12 de gluten sec, c'est-à-dire toujours

$$A = 34 - 12 = 22,$$

ce qui correspond, pour la première farine, à un indice d'absorption $K' = 200$ et pour la deuxième $K' = 183$. Ceci correspond à certains mélanges Manitoba + froment français.

Cet exemple constitue toutefois les limites extrêmes et une farine (n° 3) qui ferait 36 de gluten humide par 14 de gluten sec, donnerait de mauvais résultats en raison de la qualité défectueuse du gluten, qui ne présenterait qu'un pouvoir d'hydratation $K' = 157$, qui correspond à un Manitoba pur.

De même, une farine (n° 4) qui ferait 32 de gluten humide par 10 de gluten sec, ce qui donne bien $A = 22$, mais $K' = 220$ correspondrait à un gluten trop hydratable de certains mélanges Manitoba 20 pour 100 + froment français.

Le produit obtenu serait également inférieur par l'emploi d'une farine

(n° 5) faisant 36 de gluten humide par 12 de gluten sec, c'est-à-dire $A = 36 - 12 = 24$, trouvé pour le mélange Manitoba 50 pour 100 + froment français, bien que pour cette farine $K' = 183$ correspond à un gluten de bonne hydratation.

De nos travaux, nous avons en outre tiré la conclusion suivante :

Il n'existe pas une farine parfaite et propre à tout, mais, pour chaque travail déterminé, une qualité optimum de farine, entièrement déterminée par les coefficients A *et* K'.

ENTOMOLOGIE. — *Recherches sur les constituants des feuilles de* Solanum tuberosum *déterminant l'alimentation des larves de* Leptinotarsa decemlineata. Note de MM. **M. Raucourt** et **B. Trouvelot**, présentée par M. P. Marchal.

Le *Doryphora* de la Pomme de terre (*Leptinotarsa decemlineata*) ne se nourrit, dans les conditions normales, que de *Solanum tuberosum* et de quelques autres Solanées. Des observations précédentes ont montré le rôle prépondérant que joue le sens du goût dans le choix des plantes pouvant servir d'aliment. Celles-ci semblent donc posséder certains constituants qui déterminent l'acte alimentaire chez *L. decemlineata*. Une tentative d'isolement de ces constituants dans la feuille de *S. tuberosum* a donné lieu à des essais biologiques poursuivis sur un seul stade de l'insecte, la larve du quatrième âge. Le principe consiste à extraire de la plante différents complexes qu'on offre à la larve après en avoir imprégné une mince rondelle de moelle de sureau. On reconnaît ainsi la présence ou l'absence dans ces extraits des matières agissant sur le goût de l'insecte.

Le jus résultant du pressurage de feuilles de *S. tuberosum* peut être divisé en deux parties, par coagulation à la chaleur, filtration ou centrifugation : la partie solide, verte, est avidement dévorée par les larves, tandis que la partie liquide, limpide et de couleur brune, est très peu consommée.

Des extractions de feuilles entières par différents solvants ont été faites, tantôt à froid, tantôt à chaud. L'extrait alcoolique a une activité vis-à-vis de l'insecte à peine inférieure à celle du jus frais. Dans une moyenne de 10 essais, les surfaces de sureau avec extrait alcoolique, dévorées pendant 3 jours consécutifs par les larves, se présentent entre elles comme les chiffres 17, 20 et 7, alors que pour les témoins imprégnés de jus entier, les coefficients d'attaque sont 18, 23 et 11. — Comme contre-épreuve, si l'on offre aux larves des feuilles de *S. tuberosum* ayant subi une extraction alcoolique de 8 heures, elles sont à peine consommées. Si à cette feuille traitée on ajoute

l'extrait retiré, reconstituant ainsi la feuille primitive, les larves se comportent envers elle sensiblement comme envers les feuilles témoins. Le fractionnement de l'extrait alcoolique selon la méthode de Lemeland montre que seule est attaquée la fraction contenant les matières insaponifiables.

Les extraits benzéniques réalisés à chaud ou à froid sont à peine attaqués, et les feuilles dont ils ont été retirés continuent à être consommées. Les moyennes d'attaque des rondelles de sureau imbibées d'extrait benzénique sont entre elles comme les chiffres 6, 10 et 2, alors qu'elles atteignent les valeurs 50, 26 et 3 pour les témoins. — Les autres solvants : éther, éther de pétrole, chloroforme, acétone, se comportent comme le benzène. Des traces notables de ces produits ajoutées au jus offert à la larve ne présentent aucune action répulsive. Ce fait est digne de remarque, si l'on songe à la sensibilité aiguë que montre l'insecte dans le choix de sa nourriture.

Après un séjour de 8 heures à 105°, les feuilles sont consommées normalement, ces feuilles desséchées conservent indéfiniment leurs propriétés, si on les garde en atmosphère sèche. Elles les perdent après un séjour de plusieurs heures dans l'eau bouillante.

D'autre part, les jus entiers abandonnés à la fermentation cessent d'être consommés : il semble se produire à la fois une destruction des principes actifs et une action répulsive due aux produits de la fermentation. La stérilisation ou l'addition de chloroforme empêchent la fermentation; la consommation par la larve reste alors tout à fait normale, même après plusieurs semaines de conservation.

Les conclusions qui ressortent de ces recherches se résument ainsi :

1° Les principes des feuilles de *S. tuberosum* provoquant chez l'insecte l'acte alimentaire sont localisés presque exclusivement dans la partie verte, non filtrable, du jus obtenu par pressurage;

2° Ils sont solubles dans l'alcool chaud et très peu solubles dans les autres solvants : benzène, éther de pétrole, éther sulfurique, acétone, chloroforme;

3° Ils ne sont ni volatils, ni décomposés par la chaleur sèche;

4° Ils sont détruits par la fermentation, qui produit en outre des principes répulsifs.

PHYSIOLOGIE. — *Le rôle des vitamines B dans l'utilisation des glucides par l'organisme du Pigeon. Influence comparée de quelques hexoses et de quelques disaccharides (holosides) incorporés dans des régimes renfermant 66 pour 100 de glucides.* Note de M. **Raoul Lecoq**, présentée par M. E. Leclainche.

Nous avons, dans un travail antérieur, essayé systématiquement sur le Pigeon l'action complémentaire de doses quotidiennes de levure de bière desséchée, données comme source de vitamines B et ajoutées à une ration artificielle définie (régime B) renfermant 35 pour 100 de glucides et 26 pour 100 de lipides ([1]). Dans ces expériences, les glucides utilisés étaient soit des hexoses, comme le lévulose, le glucose et le galactose, soit des dissaccharides (holosides) comme le saccharose, le maltose et le lactose, dont les produits d'hydrolyse se trouvent constitués précisément par les précédents hexoses.

Le régime B, à 35 pour 100 de glucides, assure, comme on sait, un équilibre alimentaire voisin de celui du lait de vache; alors que le régime, établi en 1923, par Mme L. Randoin et H. Simonnet ([2]), se rapproche au contraire de l'équilibre réalisé par un mélange de graines et se montre faible en lipides, mais riche en glucides (qu'il renferme dans la proportion de 66 pour 100).

Il nous a semblé intéressant de comparer l'action des divers glucides (hexoses et holosides) déjà étudiés, en les incorporant dans le régime Randoin-Simonnet très différent du régime B par sa constitution; des doses de levure de bière étant ajoutées de même manière et s'échelonnant quotidiennement, suivant les lots d'animaux, de $0^g,15$ à 4^g.

Déjà, avec ce régime ou une variante très proche, en collaboration avec Mme L. Randoin, nous avions pu mettre en évidence l'influence exercée par un assez grand nombre de glucides sur la rapidité d'évolution de l'avitaminose B totale ([3]) et montrer que le galactose et le lactose sont, dans ces conditions, des causes de déséquilibre telles que l'addition de 1^g à $2^g,50$ de levure reste inopérante ([4]).

Rappelons la composition du régime utilisé :

([1]) R. Lecoq, *Comptes rendus*, 195, 1933, p. 807.
([2]) Mme L. Randoin et H. Simonnet, *Comptes rendus*, 177, 1923, p. 903.
([3]) Mme L. Randoin et R. Lecoq, *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 1347.
([4]) *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 1068; 188, 1929, p. 1183.

Caséine purifiée	6
Fibrine purifiée	5
Ovalbumine purifiée	5
Graisse de beurre	4
Glucide pur	66
Mélange salin d'Osborne et Mendel	4
Agar-agar	8
Papier filtre	2

La ration fut donnée, par gavage, à la dose de 20^g par jour, à des lots de Pigeons adultes de 350^g de poids moyen, soit pure, soit additionnée respectivement de 0^g,15; 0^g,25; 0^g,50; 1^g; 2^g et 4^g de levure de bière desséchée, levure éprouvée et constituant une bonne source de vitamines B.

L'essentiel de nos résultats se trouve résumé dans le tableau suivant, donnant en jours et en mois la durée des survies de nos animaux :

Nature du glucide utilisé.	Dose quotidienne de levure de bière sèche						
	0^g.	0^g,15.	0^g,25.	0^g,50.	1^g.	2^g.	4^g.
Lévulose	20-30 j.	20-30 j.	20-30 j.	30-55 j.	70-100 j.	>6 m.	3 à 4 m.
Glucose	13-20 j.	20-30 j.	65-90 j.	>6 m.	>6 m.	>6 m.	>6 m.
Galactose	8-15 j.	8-15 j.	8-15 j.	8-15 j.	8-15 j.	8-15 j.	8-15 j.
Saccharose	16-25 j.	25-38 j.	40-70 j.	4 à 6 m.	>6 m.	>6 m.	>6 m.
Maltose	13-20 j.	20-30 j.	65-90 j.	>6 m.	>6 m.	>6 m.	>6 m.
Lactose	15-35 j.	18-30 j.	18-30 j.	18-30 j.	18-30 j.	15-35 j.	15-35 j.

Interprétation et conclusions. — I. Comparant ces résultats à ceux que nous avons antérieurement obtenus, nous constatons que, pour un même glucide ingéré, le pigeon se comporte très différemment selon l'équilibre alimentaire particulier de la ration.

II. Le pigeon, recevant le régime à 66 pour 100 de glucides, aussi bien que le régime à 35 pour 100 de glucides (tous deux étant privés de vitamines B), ne répond à l'addition de levure qu'au delà d'une dose limite indispensable; mais la prolongation de la survie se manifeste d'abord pour le glucose, dans le premier cas, et d'abord pour le lévulose, dans le second cas.

III. Alors que le galactose incorporé dans le régime à 35 pour 100 de glucides assure un équilibre limité mais réel, en présence d'une dose optima de 0^g,50 de levure, cet hexose devient dans le régime à 66 pour 100 une cause de déséquilibre telle que l'addition quotidienne de 4^g de levure reste sans effet.

IV. Le lévulose, parfaitement utilisé quand il se trouve dans la proportion de 35 pour 100 du régime et associé à une dose suffisante de levure, ne permet plus à 66 pour 100 — en opposition avec le glucose — qu'un équilibre limité de la ration, lequel n'est satisfait que par une dose optima de levure ajoutée comme source de vitamines B.

V. Le glucose et le maltose exigent sensiblement la même dose minima de levure quand ils entrent à raison de 66 pour 100 dans la ration; tandis que la dose nécessaire se montre deux fois plus forte avec le glucose qu'avec le maltose quand ces glucides se trouvent à raison de 35 pour 100 dans un régime d'équilibre différent.

VI. Lorsque les hexoses sont engagés dans les combinaisons complexes des holosides, leur action propre semble s'atténuer; toutefois, alors que le lévulose transparaît assez faiblement dans le saccharose, le galactose manifeste nettement sa présence dans le lactose.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur le phosphore de la fécule de pommes de terre.* Note de M. **Théodore Posternak**, présentée par M. A. Desgrez.

L'amidon contient toujours une petite quantité d'acide phosphorique en combinaison organique (amidon de blé 0,063 pour 100 P; amidon de tapioca 0,070; fécule de pommes de terre 0,084). Il m'a paru d'autant plus intéressant d'en déterminer le mode de liaison que plusieurs auteurs lui attribuent une grande influence sur les propriétés physiques des composants amylacés. C'est ainsi que l'insolubilité dans l'eau par laquelle l'amylopectine se distingue de l'amylose serait due à une teneur en P plus élevée (1) ou encore à une différence dans le mode de liaison de l'acide phosphorique dans ces deux fractions (2). J'ai observé que le phosphore de l'amidon est assez résistant à l'action des acides minéraux et aussi des phosphatases; c'est ainsi qu'on peut saccharifier la fécule par la bouillie de pancréas bovin ou par l'extrait de malt, qui contient cependant une phytase très active, sans qu'il se forme une quantité notable de phosphore minéral; du digestat, j'ai pu isoler, comme sels de baryum, des fragments phosphorés ayant les propriétés d'acides polyose-monophosphoriques.

Un empois de 1^{kg} de fécule dans 16 litres d'eau est additionné de 75^{g} d'acétate de soude, de $1^{cm^3},7$ d'acide acétique glacial, puis de 60^{g} de bouillie de pancréas bovin et enfin de toluène; on laisse 4 jours à l'étuve à 40°. Dans d'autres expériences, l'empois a été saccharifié en 20 heures par 300^{cm^3} d'un extrait de malt obtenu en digérant durant 1 heure à 35°, 90^{g} de malt de brasserie dans 600^{cm^3} d'eau. D'après les deux méthodes, il se forme environ 80 pour 100 de maltose. Le digestat filtré est additionné de 550^{cm^3} de sous-acétate de plomb *Pharmac. Helv.*; on ajoute ensuite par petites

(1) Samec, *Kolloidchem. Beihefte*, 4, 1912, p. 132; 5, 1913, p. 141; 6, 1914, p. 23; 8, 1916, p. 33; Baldwin, *Journ. of the Am. chem. Soc.*, 52, 1930, p. 2907.

(2) K. H. Meyer et H. Mark, *Der Aufbau der hochpolymeren organischen Naturstoffe*, Leipzig, 1930, p. 213.

portions, en agitant continuellement, 250^{cm^3} d'ammoniaque à 10 pour 100 : il se forme un précipité qui entraîne près de 80 pour 100 du phosphore. Il est essoré et dissous dans un peu d'acide acétique; on ramène à la neutralité par quelques gouttes d'ammoniaque et ajoute 2^{vol} d'alcool. La masse visqueuse déposée est dissoute à son tour dans l'acide acétique; dans cette solution, le sous-acétate de plomb donne un précipité en l'absence d'ammoniaque. On le décompose par l'acide sulfurique, neutralise à la baryte et, après filtrage, on précipite les sels phospho-organiques de baryum par addition d'alcool.

Le produit ainsi obtenu contient de 1,8 à 2,5 pour 100 P. Il réduit la liqueur de Fehling; le groupe réducteur s'y laisse facilement doser par la méthode à l'hypoiodite de Willstaetter-Bougault [1] et, dans toutes les préparations examinées, le rapport P/GR [2] était rigoureusement égal à 1. Il s'agit certainement de chaînes à groupe aldéhydique terminal, éthérifiées chacune par une molécule d'acide phosphorique. C'est ainsi que la composition du produit le plus riche en phosphore que j'ai obtenu (2,5 pour 100 P) répond assez exactement à la formule $C^{36}H^{61}O^{34}PBa$ (hexose-monophosphate de baryum).

Ces acides polyose-monophosphoriques sont facilement hydrolysés par l'acide sulfurique à 2 pour 100; après 2 heures d'ébullition, il se forme principalement, à côté du glucose, un composé phospho-organique réducteur dont le sel de baryum, isolé par précipitation au moyen d'alcool, répond à la formule $C^{12}H^{21}O^{14}PBa$ (biose-monophosphate de baryum); $\alpha_D^{16} = 65°,1$; P/GR = 1; il s'agit probablement d'un acide maltose-monophosphorique. Ce composé est assez résistant à l'action des acides minéraux bouillants; par un traitement de longue durée, il se forme toutefois, à ses dépens, un acide hexose-monophosphorique que je m'efforce actuellement de purifier.

Ajoutons que si l'on traite la fécule 3 heures à l'ébullition par 7 fois son poids d'acide sulfurique à 2 pour 100, le phosphore minéralisé ne représente que 5, 10 pour 100 du phosphore total. Une fois que l'acide sulfurique a été précipité par la quantité strictement nécessaire de baryte, on peut isoler les produits phospho-organiques; ils consistent, pour la plus grande partie, en acide biose-monophosphorique.

On se représente actuellement l'amidon comme formé de longues chaînes de glucoses en liaison α. Les résultats précédents indiquent que l'acide phosphorique est fixé directement sous forme d'éther à l'un des chaînons du polysaccharide.

---

(1) Bougault, *Comptes rendus*, 164, 1917, p. 949 et 1005; Willstaetter, *Ber. d. deut. chem. Gesell.*, 51, 1918, p. 780.

(2) GR = groupe réducteur.

PATHOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Diététoxiques et protection du foie par l'équilibre alimentaire.* Note [1] de MM. **G. Mouriquand** et **M. Bernheim.**

L'un de nous a attiré, depuis 1926, l'attention sur l'existence des *diétotoxiques* [2].

Une série d'expériences, poursuivies avec P. Michel, nous avaient montré, en particulier, que l'huile de foie de morue, ostéotrophique en présence d'un régime équilibré, devenait ostéodystrophique en présence d'un régime déséquilibré. Des expériences ultérieures (avec Michel et Sanyas, avec Mme Chaix) indiquaient aussi que le même phénomène pouvait s'observer avec l'extrait thyroïdien et diverses susbtances alimentaires ou autres.

Nous en avions conclu que ces substances, eutrophiques (à doses données) en présence d'un équilibre alimentaire, devenaient dystrophiques, et en quelque sorte toxiques en présence d'un déséquilibre alimentaire (ne possédant pas par lui-même un pouvoir dystrophique, en particulier osseux). Il s'agissait donc de toxiques conditionnels, dont la toxicité n'existe qu'en fonction d'un déséquilibre alimentaire : ce sont les *diétotoxiques*.

Au cours d'expériences plus récentes, tendant à préciser certains points de nos premières recherches sur la diétotoxicité de l'huile de foie de morue, nous avons constaté les faits suivants :

Outre les lésions ostéodystrophiques, nos animaux soumis au régime déséquilibré + huile de foie de morue présentaient presque tous des lésions macroscopiques de surcharge ou de dégénérescence graisseuses du foie, alors que ces lésions étaient exceptionnelles chez les animaux soumis au régime équilibré + huile de foie de morue.

Ce phénomène à peu près constant ayant retenu notre attention, nous avons procédé à l'étude macroscopique et microscopique des foies dans l'un et l'autre cas.

Ces recherches ont porté sur 130 animaux (témoins compris).

L'étude histologique du foie (la seule qui nous assure la certitude de la lésion hépatique) a été pratiquée 28 fois sur 36 animaux au régime équilibré + huile de foie de morue et 35 fois sur 36 animaux au régime déséquilibré + huile.

En voici les résultats :

---

[1] Séance du 16 octobre 1933.

[2] G. Mouriquand, *Presse médicale*, 34, n° 35, 1er mai 1926, p. 545.

1° *Foie des animaux au régime équilibré + huile de foie de morue.* — *Sur 28 foies :* 18 ont été trouvés histologiquement normaux, 8 étaient le siège d'une infiltration graisseuse insignifiante, 2 étaient atteints de grosse surcharge graisseuse; mais, de ces deux derniers, l'un appartenait à un cobaye sacrifié très tardivement (123e jour de l'expérience), l'autre avait reçu une dose d'huile de foie de morue très forte (5$^{cm^3}$). Chez tous les animaux dont la ration ne contenait que 2$^{cm^3}$,5 d'huile, on ne notait pas de surcharge graisseuse au 40e jour.

2° *Foie des animaux au régime déséquilibré + huile de foie de morue.* — Sur 35 *foies* d'animaux soumis à ce régime l'examen histologique a montré 26 fois une infiltration graisseuse intense, 4 fois une surcharge graisseuse moyenne, 3 fois (sacrifice précoce) pas d'infiltration (cas aberrant).

Presque toujours la vie des animaux au régime déséquilibré + huile était très raccourcie par rapport à celle des animaux à régime équilibré.

D'autre part chez les premiers, lorsque l'expérience avait été poursuivie plusieurs semaines, existaient de graves lésions osseuses, absentes chez les seconds (confirmation de nos résultats antérieurs).

Mais ce que nous désirons souligner ici, c'est la quasi-constance des lésions hépatiques chez les déséquilibrés et leur présence exceptionnelle chez les équilibrés.

Tout s'est passé, dans nos cas, comme si le déséquilibre alimentaire (en l'espèce soustraction du foin) permettait l'invasion du foie par la graisse, en même temps que la dystrophie osseuse et aussi générale (survie plus courte), et l'équilibre alimentaire écartait la surcharge et la dégénérescence hépatiques; pendant un temps très long, permettant un fonctionnement normal du foie, l'eutrophie osseuse est générale, avec survie prolongée.

Tels sont les faits, qui présentent outre l'intérêt biologique un intérêt clinique et diététique.

Comment expliquer cette protection hépatique osseuse et générale par l'équilibre alimentaire?

Nous nous abstiendrons pour l'instant d'hypothèses à ce sujet. Des travaux en cours répondront, peut-être, ultérieurement à cette question.

La séance est levée à 15^{h}50^m.

E. P.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 20 NOVEMBRE 1933.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES RICHET.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. C. **Matignon**, faisant hommage à l'Académie ([1]) d'une Conférence faite à Prague sur l'*Évolution de l'industrie des Fertilisants*, s'exprime en ces termes :

Dans cet exposé, je me suis attaché à déterminer l'importance de l'industrie des engrais (20 milliards de produits annuels contre 50 milliards pour les produits de la grosse métallurgie).

L'Europe consomme les 60 pour 100 de la production; elle doit nourrir 500 millions d'habitants, alors que les États-Unis avec une superficie sensiblement la même n'ont que 120 millions d'habitants :

	Superficie.	Population (1930).	Product. en blé (1930) (quintaux).
Europe	9.732.000 $^{km^2}$	506 millions	550 millions
E. U. A.	9.212.000 »	122 »	220 »
Amérique totale	38.346.000 »	252 »	400 »

Les 20 milliards d'engrais consommés annuellement apportent un supplément d'environ 100 millions de rations supplémentaires annuelles, chiffre obtenu en tenant compte de la ration journalière d'un individu et du supplément de rendement obtenu dans les diverses cultures par l'emploi des engrais.

Les 60 millions de rations supplémentaires, obtenues par l'agriculture européenne, ne peuvent assurer une alimentation rationnelle supplémen-

---

([1]) Séance du 13 novembre 1933.

taire que pendant une période de 20 ans, étant donné que l'augmentation européenne exige chaque année 3 millions de rations nouvelles pour adultes.

Les réserves naturelles de phosphates, de sels de potassium garantissent pendant des milliers d'années les besoins de l'agriculture en engrais, avec le rythme actuel de la consommation.

M. **Ch. Fabry** fait hommage à l'Académie du deuxième et dernier volume de son *Cours de Physique de l'École Polytechnique*.

M. **H. Deslandres** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage de M. E. M. Antoniadi : *L'Astronomie égyptienne*, dont il a écrit la *Préface*.

M. **Maurice d'Ocagne** fait hommage à l'Académie d'une brochure intitulée Charles-Louis Fremont, 1855-1930. *Sa vie et son œuvre*.

M. **Aug. Lameere** fait hommage à l'Académie du fascicule 3, tome III de son *Précis de Zoologie : Les Crustacés*.

CORRESPONDANCE.

La **Royal Institution**, de Londres, adresse à l'Académie l'expression de ses condoléances à l'occasion du décès de M. *P. Painlevé*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Edgar Aubert de la Rüe. *Étude géologique et géographique de l'Archipel de Kerguelen*.

2° G. Lecoq. *Le segment capable sphérique*. (Présenté par M. Charles Maurain.)

M. **Victor-Pauchet** prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à la place vacante dans la Section de Médecine et Chirurgie par le décès de M. *E. Quénu*.

GÉOMÉTRIE. — *Sur les congruences isothermes.*
Note [1] de M. **Paul Delens**, présentée par M. E. Cartan.

1. Les recherches de M. G. Bouligand sur la théorie du potentiel l'ont conduit au problème suivant : *Rechercher les congruences* (réelles) $u(x, y, z) = \alpha$, $v(x, y, z) = \beta$, *telles qu'il existe des fonctions* $\varphi(u, v)$ *harmoniques en* (x, y, z) *dans un tube de lignes de la congruence, les valeurs de* φ *à la surface de ce tube pouvant être arbitraires sur chaque ligne de la congruence.* Les indications que m'a communiquées M. Bouligand m'ont permis d'obtenir la solution générale, qu'il faudra toutefois discuter dans chaque cas particulier. J'expose ici les résultats de mon étude, qui sera développée dans un autre Recueil.

M. A. Alayrac avait précédemment obtenu une solution [2], fournie par *les congruences rectilignes isotropes de Ribaucour*, ou (IR), dont les familles de développables sont formées de plans isotropes. Pour le problème de Cauchy relatif à l'équation de Laplace $\Delta_2 \Phi = 0$, les surfaces caractéristiques sont les développables isotropes, définies par $\Delta_1 \Theta = 0$; ceci laisse prévoir l'intervention des *congruences isotropes générales* (I) — les congruences de courbes étant désignées par (IC) — que j'ai introduites et étudiées récemment [3].

Je rappelle quelques propriétés des congruences (I) : leurs coniques indicatrices des courbures et torsions normales sont circulaires, d'où l'existence de familles de surfaces isogonales, orthogonales, et de développables isotropes appartenant à la congruence. Les congruences de M. R. Garnier, à directions asymptotiques indéterminées, sont (I). Les congruences (I) normales — ou (I, N) — sont formées des trajectoires orthogonales de ∞^1 sphères ou plans.

2. Une classification sommaire des congruences montre d'abord l'existence de congruences *anisothermes* (h_0) et *mono-isothermes* (h_1), ne possédant aucune famille isotherme de surfaces, ou une seule. Les congruences *di-isothermes* (h_2) possèdent ensuite un faisceau linéaire de familles isothermes. Mais deux familles isothermes de surfaces peuvent en définir

---

(1) Séance du 13 novembre 1933.

(2) A. Alayrac, *Comptes rendus*, 191, 1930, p. 290; 192, 1931, p. 213.

(3) *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 1632; *Rendic. del circ. mat. di Palermo*, 56, II et III, 1932, p. 289-352; *Bull. Soc. math. de France*, 61, I et II, 1933, p. 95-127.

d'autres n'appartenant pas à ce faisceau : ceci arrive, par exemple, pour les congruences *orthoptiques* dont les deux familles de surfaces orthogonales $u = \alpha$, $v = \beta$ sont isothermes; la solution générale a alors la forme $\varphi = luv + mu + nv + k$. Cette solution est d'ailleurs une forme réduite : à partir de deux familles isothermes non orthogonales, la solution générale se présente avec six constantes arbitraires.

(Exemple : la congruence des droites rencontrant orthogonalement une droite fixe).

Laissant ensemble les congruences *poly-isothermes* (h'), où la solution φ dépend de constantes ou de fonctions arbitraires sans atteindre la généralité voulue, nous arrivons aux congruences *méga-isothermes* (H), dernier stade de la classification.

Pour une congruence (H), la solution φ est donnée par une équation du deuxième ordre, du type elliptique, qu'on peut ramener à la forme

$$\varepsilon_2(\varphi) \equiv \varphi_{uu} + \varphi_{vv} + P(u, v)\varphi_u + Q(u, v)\varphi_v = 0.$$

Alors *les rapports mutuels des cinq quantités* $\Delta_1 U$, $\Delta(U, V)$, $\Delta_1 V$, $\Delta_2 U$, $\Delta_2 V$, *relatifs à deux familles arbitraires de surfaces de la congruence, restent constants le long de chaque ligne* (u, v), propriété connue de M. G. Bouligand. On peut caractériser les congruences (H) par les conditions

$$\Delta_1 U = 0, \qquad \Delta_1 V = 0, \qquad \frac{\Delta_2 U}{\Delta(U, V)} = F(U, V), \qquad \frac{\Delta_2 V}{\Delta(U, V)} = G(U, V)$$

(U, V conjuguées complexes; F, G arbitraires conjuguées), d'où aussi : *Toute congruence* (H) *est* (I); *toute congruence* (I) *et* (h_2) *est* (H).

3. Les résultats précédents m'ont permis de traiter de nouveaux exemples singuliers du problème *homogène* de M. G. Bouligand [1]. La congruence (IR), donc (H), des *axes focaux d'un cercle* est importante pour la génération des autres congruences (IR); la représentation (u, v), où φ est fonction harmonique en (u, v), est la représentation sphérique ou sa projection stéréographique. On peut passer de là à la représentation tracée par les axes focaux sur le plan du cercle : ceci met en jeu une transformation remarquable de Darboux avec égalité d'angles, euclidiens d'une part, avec métrique cayleyenne d'autre part. On retrouve alors les cas particuliers des congruences de droites, soit concourantes, soit parallèles, étudiés par M. Bouligand.

---

[1] Voir ci-après (p. 1179) la Communication de M. G. Bouligand.

La congruence (IC) des *hélices circulaires de même axe et de même pas* est (H). Ce cas comprend la congruence des droites parallèles et celle des *cercles de même axe*, déjà intervenue dans la théorie du potentiel et objet de remarques importantes de M. Bouligand.

GÉOMÉTRIE. — *Sur la courbure totale des surfaces ouvertes.* Note [1] de M. **S. Cohn-Vossen**, présentée par M. Élie Cartan.

1. *Remarques de topologie.* — Nous considérons ici des surfaces abstraites S sans singularités et sans frontière. La *caractéristique* de S est définie par $\chi(S) = 1 - p^1 + p^2$, où p^r désigne le $r^{\text{ième}}$ nombre de Betti. Si S est fermée, orientable et de genre p, on a $p^2 = 1$, $p^1 = 2p$, et par conséquent $\chi(S) = 2 - 2p$. Si S est ouverte ou non orientable, on a $p^2 = 0$, d'où $\chi(S) = 1 - p^1$. Si S est ouverte, deux cas sont possibles : 1° S est à connexion infinie, $p^1 = \infty$ et $\chi(S) = -\infty$; 2° S est à connexion finie, p^1 et $\chi(S)$ sont finis. Le second cas se présente lorsque S est homéomorphe à une surface fermée S′ privée de q de ses points; on a alors $\chi(S) = \chi(S') - q$. Ainsi $\chi(S) = 1$, si S est homéomorphe au plan cartésien; $\chi(S) = 0$, si S est homéomorphe au cylindre circulaire.

2. *Remarques de géométrie infinitésimale.* — Soit S une surface pourvue d'une géométrie riemannienne. On entend par *courbure totale* d'un domaine G de S l'intégrale

$$C(G) = \int\int_G K \, d\sigma,$$

où K désigne la courbure de Gauss et $d\sigma$ l'élément de surface. Si G est infini, il se peut que C(G) soit fini, ou que $C(G) = \pm\infty$, ou enfin que C(G) n'existe pas.

Comme il s'agit dans la suite de propriétés globales, il convient de postuler que la surface S soit complète [2] : chaque ensemble E de S, borné au sens de la métrique de S, doit être aussi compact. Il arrive que les théorèmes suivants soient en défaut, lorsqu'on renonce à ce postulat.

3. L'égalité connue

$$C(S) = 2\pi . \chi(S), \tag{1}$$

(1) Séance du 13 novembre 1933.

(2) *L'espace normal* de E. Cartan, *Leçons sur la géométrie des espaces de Riemann*, Paris, 1928, n° 56; la *surface complète* de H. Hopf et W. Rinow, *Comm. Math. Helv.*, 3, 1931, p. 209.

valable pour les surfaces fermées, doit être remplacée par une inégalité pour les surfaces ouvertes :

THÉORÈME I*a*. — *Si* S *est une surface complète ouverte à connexion finie, et si* C(S) *existe, on a*

$$C(S) \leqq 2\pi . \chi(S); \tag{2}$$

si en particulier S = P *est homéomorphe au plan cartésien, on a donc*

$$C(P) \leqq 2\pi. \tag{2_0}$$

L'estimation (2) ne peut pas être améliorée. En effet, pour toute surface ouverte S, on vérifie que, quel que soit le nombre c, $-\infty \leqq c \leqq 2\pi.\chi(S)$, on peut définir sur S une géométrie riemannienne complète, telle que $C(S) \equiv c$.

Le théorème I*a* est un cas particulier du suivant :

THÉORÈME I. — *Soient* S *une surface complète ouverte à connexion finie*, M *une portion bornée quelconque de* S, *et* ε *un nombre positif quelconque; il existe un domaine* G = G(M, ε) *de* S *comprenant* M, *tel que*

$$C(G) < 2\pi.\chi(S) + \varepsilon.$$

Citons comme application le théorème suivant II, où l'on ne fait aucune hypothèse sur le caractère topologique de S; ce théorème est une conséquence connue de (1) si l'on se borne à des surfaces fermées.

THÉORÈME II. — *Si sur toute la surface complète* S *on a* K > 0, S *est homéomorphe à la sphère ou au plan projectif, ou encore au plan cartésien.*

En effet, si S n'appartenait pas à l'un de ces trois types, elle aurait une surface de recouvrement à une infinité de feuillets homéomorphe au plan cartésien P; la métrique S déterminerait sur P une géométrie riemannienne complète avec $C(P) = +\infty$, en contradiction avec (2_0).

Ces théorèmes contribuent à dévoiler les relations entre les propriétés métriques et topologiques des variétés [1].

4. Le théorème I s'obtient en combinant la formule connue de Gauss-Bonnet, qui est une relation entre (G), C(G) et la courbure géodésique de la frontière d'un domaine fini G avec le

THÉORÈME III. — *Soit* H *le domaine extérieur à un cercle* C *du plan cartésien* P. *Supposons* H *pourvu d'une géométrie riemannienne, complète dans ce sens qu'aucune suite de points n'est bornée qui diverge dans* P. *A chaque* ε > 0

---

[1] Cf. HOPF, *L'enseignement math.*, 30, 1931, p. 223; *Jahresber. d. Deutschen Math. Ver.*, 41, 1932, p. 209.

correspond alors dans H *une ligne polygonale géodésique* L, *homologue à* C, *fermée et sans points doubles, dont la somme des angles intérieurs vérifie l'inégalité*

$$\sum_{i=1}^{n} \alpha_i < n\pi + \varepsilon.$$

Le théorème est encore vrai si l'on n'admet pour L que les trois types spéciaux suivants : les polygones convexes ($0 < \alpha_i < \pi$), les géodésiques fermées ($\alpha_i = \pi$) et les lacets concaves ($\pi < \alpha_1 < \pi + \varepsilon$, $\alpha_2 = \ldots = \alpha_n = \pi$).

Un exposé complet avec la démonstration du théorème III paraîtra dans un autre Recueil.

GÉOMÉTRIE. — *Sur la déformation des sous-espaces dans un espace à connexion linéaire générale.* Note de M. **Paul Dienes**, présentée par M. Élie Cartan.

1. Dans cette Note, nous allons étendre les résultats obtenus [1] pour les espaces à connexion linéaire générale aux sous-espaces X_m d'un espace pareil donnés dans une forme paramétrique

$$(1) \qquad x^\alpha = f^\alpha(u^1, \ldots, u^m) \equiv f^\alpha(u^k) \equiv f^\alpha(u),$$

où nous convenons de varier les premières lettres des alphabets latins et grecs de 1 à n, les lettres au milieu $i, j, k, \ldots; \iota, \varkappa, \lambda, \ldots$ de 1 à m, et les lettres $p, q, r, \ldots; \pi, \rho, \sigma, \ldots$ de $m+1$ à n. Nous supposerons aussi que la géométrie A_m sur X_m est déterminée par projection, c'est-à-dire par les paramètres métriques

$$b_{\lambda\mu} = a_{\alpha\beta} B^\alpha_\lambda B^\beta_\mu, \qquad B^\alpha_\lambda = \frac{\partial x^\alpha}{\partial u^\lambda},$$

et par les paramètres de connexion

$$(2) \qquad e^\lambda_{\mu\nu} = B^\lambda_\alpha(\partial_\nu B^\alpha_\mu + \Gamma^\alpha_{\beta\gamma} B^\beta_\mu B^\gamma_\nu) \equiv B^\lambda_\alpha \nabla_\nu B^\alpha_{(\mu)},$$

où les facteurs de projection B^λ_α complétés par C^ρ_α sont déterminés comme le système réciproque du système des n vecteurs contravariants indépendants $(B^\alpha_\lambda, C^\alpha_\rho)$ avec C^α_ρ arbitrairement donnés. La géométrie A'_m dans le

[1] *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 1082.

sous-espace déformé X'_m

(3) $$x^\alpha = f^\alpha(u) + \varepsilon\xi^\alpha(u)$$

sera constituée de la même manière avec ses facteurs de projection déterminés de la façon suivante. Nous complétons (3) en une transformation de X_n en posant

(4) $$'x^\alpha = F^\alpha(u^1, \ldots, u^n) + \varepsilon\Xi^\alpha(u^1, \ldots, u^n),$$

avec

(5) $$F^\alpha(u^1, \ldots, u^n; 0, \ldots, 0) = f^\alpha(u), \qquad \Xi^\alpha(u^1, \ldots, u^n; 0, \ldots, 0) = \xi^\alpha(u),$$

et nous posons

(6) $$'C^\alpha_\rho = C^\alpha_\rho + (\partial_\rho \Xi^\alpha)_{u\sigma=0}.$$

Le système réciproque est déterminé ensuite comme d'habitude.

2. Pour obtenir une mesure de la déformation nous devons comparer la géométrie A'_m du sous-espace déformé avec un représentant de la géométrie A_m aux points $x + \varepsilon\xi$. Comme dans une transformation de X_m les variables u^k et leurs fonctions sont des invariants, on obtient le représentant le plus simple en attribuant aux points $x + \varepsilon\xi$ la même géométrie A_m. On obtient ainsi les formules

(7) $$\delta b_{\lambda\mu} \equiv b'_{\lambda\mu} - b_{\lambda\mu} = B^\alpha_\lambda B^\beta_\mu \delta a_{\alpha\beta},$$

(8) $$\delta e^\lambda_{\mu\nu} \equiv e'^\lambda_{\mu\nu} - e^\lambda_{\mu\nu} = B^\lambda_\alpha B^\beta_\mu B^\gamma_\nu \delta\Gamma^\alpha_{\beta\gamma},$$

où $\delta a_{\alpha\beta}$ et $\delta\Gamma^\alpha_{\mu\nu}$ sont donnés par les formules (5) et (6) de notre Note citée.

3. La définition des déformations diverses des vecteurs et tenseurs individuels peut être modelée sur les définitions correspondantes dans la même Note. Par exemple, pour la *déformation directe*, nous obtenons ainsi

(9) $$\Delta v^\lambda \equiv \bar{v}^\alpha(x \| x + \varepsilon\xi)'B^\lambda_\alpha - v^\lambda = B^\lambda_\alpha \Delta\bar{v}^\alpha,$$

où $\bar{v}^\alpha = v^\lambda B^\alpha_\lambda$ sont les composantes de v^λ dans le système de référence de X_m, et plus généralement

(10) $$\Delta v^\rho_{\mu\nu} \equiv \bar{v}^\alpha_{\beta\gamma}(x \| x + \varepsilon\xi)'C^\rho_\alpha{}'B^\beta_\mu{}'B^\gamma_\nu - v^\rho_{\mu\nu} = C^\rho_\alpha B^\beta_\mu B^\gamma_\nu \Delta\bar{v}^\alpha_{\beta\gamma},$$

ou encore

(11) $$\Delta v^\alpha_\mu = \bar{v}^\alpha_\beta(x \| x + \varepsilon\xi)'B^\beta_\mu - v^\beta_\mu A^\alpha_\beta = B^\beta_\mu \Delta\bar{v}^\alpha_\beta.$$

Pour les tenseurs de structure, comme par exemple, pour le premier tenseur de courbure eulerienne,

$$(12) \qquad F^{\rho}_{\mu\nu} = C^{\rho}_{\alpha}(\partial_{\nu} B^{\alpha}_{\mu} + \Gamma^{\alpha}_{\beta\gamma} B^{\beta}_{\mu} B^{\gamma}_{\nu}) \equiv C^{\rho}_{\alpha} \nabla_{\nu} B^{\alpha}_{(\mu)},$$

on peut prendre, comme son représentant à $x + \varepsilon\xi$, le même tenseur reconstruit en ce point au moyen des facteurs de projection $'B$ et $'C$ et des paramètres de connexion $\Gamma^{\alpha}_{\beta\gamma}(x + \varepsilon\xi)$, c'est-à-dire

$$(13) \qquad 'F^{\rho}_{\mu\nu} = 'C^{\rho}_{\alpha}(\partial_{\nu}\, 'B^{\alpha}_{\mu} + \Gamma^{\alpha}_{\beta\gamma}(x + \varepsilon\xi)\, 'B^{\beta}_{\mu}\, 'B^{\gamma}_{\nu}) = F^{\rho}_{\mu\nu} + \varepsilon C^{\rho}_{\alpha} B^{\beta}_{\mu} B^{\gamma}_{\nu} \delta\Gamma^{\alpha}_{\beta\gamma}.$$

On obtient ainsi la *déformation totale de structure*

$$(14) \qquad DF^{\alpha}_{\beta\gamma} \equiv F^{\alpha}_{\beta\gamma}(x \| x + \varepsilon\xi) - 'C^{\alpha}_{\rho}\, 'B^{\mu}_{\beta}\, 'B^{\nu}_{\gamma}\, 'F^{\rho}_{\mu\nu} = \Delta F^{\alpha}_{\beta\gamma} - C^{\alpha}_{\delta} B^{\eta}_{\beta} B^{\nu}_{\zeta} \delta\Gamma^{\delta}_{\eta\zeta},$$

qui se réduit dans un espace de Riemann à $\delta H^{\alpha}_{\beta\gamma}$ de J. A. Schouten [1].

On a ainsi une interprétation bien simple de la formule compliquée donnée par Schouten sans démonstration détaillée.

4. L'opérateur δ ne s'applique pas directement aux tenseurs de X_m, car en général ils ne sont pas définis en dehors de X_m. Tout de même la différence $'F^{\rho}_{\mu\nu} - F^{\rho}_{\mu\nu}$ paraît correspondre à cette opération, c'est pourquoi nous posons

$$(15) \qquad \delta F^{\rho}_{\mu\nu} = 'F^{\rho}_{\mu\nu} - F^{\rho}_{\mu\nu}.$$

Ces définitions sont justifiées aussi par le fait que *les règles de manipulation pour les opérateurs* Δ, δ et D données par les formules (15) et (16) de notre Note citée *s'étendent au cas actuel* pourvu que les facteurs de projection soient considérés comme des constantes.

Les formules compréhensives et détaillées que j'ai obtenues, en collaboration avec M. E.-T. Davies, par l'application de la méthode générale esquissée ici aux différents tenseurs de structure de A_m, seront exposées dans un travail qui paraîtra dans un autre Recueil.

---

(1) *Proc. Kon. Akad. v. Wetenschappen*, Amsterdam, **31**, 1928, p. 211.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'ensemble singulier d'une classe de séries de Taylor qui présentent des lacunes.* Note [1] de M. **Sixto Rios**.

Mandelbrojt a cru démontrer, comme complément à un théorème d'Ostrowski sur l'ultraconvergence des séries potentielles [2], le théorème suivant :

Si la série

(1) $$\psi(x) = \sum_n a_n x^{\lambda_n}$$

admet des lacunes telles que pour une succession λ_{n_i} *on ait*

(2) $$\lim_{i \to \infty} \frac{\lambda_{n_i+1}}{\lambda_{n_i}} = \infty,$$

les seules singularités possibles de la fonction représentée par la série (1) *sont des continues non bornées* [3].

Nous allons démontrer sur un exemple que le théorème n'est pas vrai. On considère la série

(3) $$\psi(x) = \sum a_n x^{\lambda_n} = \sum_\nu [x(1-x)]^{2^{2^\nu}}$$

qui remplit la condition (2) puisque l'on a $\lim\limits_{\nu \to \infty} \frac{2^{2^{\nu+1}}}{2 . 2^{2^\nu}} \lim\limits_{\nu \to \infty} \frac{2^{2^\nu}}{2} = \infty$. Si nous considérons la série $\sum\limits_\nu z^{2^{2^\nu}}$ qu'on obtient en faisant dans (3) : $x(1-x) = z$, celle-ci a la circonférence de convergence comme coupure essentielle (théorème de Hadamard-Fabry) et c'est pour cela que la fonction donnée a comme domaine total d'existence $|x(1-x)| < 1$, c'est-à-dire son ensemble singulier est constitué par les points de la lemniscate $|x(1-x)| = 1$.

---

[1] Séance du 30 octobre 1933.

[2] *Hamburg. Math. Abhand.*, 1922, p. 327.

[3] *Comptes rendus*, 176, 1923, p. 978; *Annales de l'École Normale supérieure*, 40, 1923, p. 413. On trouve aussi l'énoncé de ce théorème à la page 97 du livre de Hadamard et Mandelbrojt : *La série de Taylor et son prolongement analytique*. Aussi à la page 38 du livre de Mandelbrojt (*Mémorial des Sciences mathématiques*, fasc. 54, 1933).

Il est donc un continu borné, au contraire de ce qu'affirme le théorème.

Voyons où se trouve l'erreur dans la démonstration de Mandelbrojt. Nous désignerons par (A) le théorème suivant d'Ostrowski :

Si la série, de rayon de convergence 1 : $f(x)=\sum_{n=1}^{\infty} a_n x^{\lambda_n}$, *admet des lacunes telles qu'elle ait une suite d'indices satisfaisant à la condition* (2), *alors la somme* $S_{n_i}=\sum_{n=1}^{n_i} a_n x^{\lambda_n}$ *converge en chaque point régulier de* $f(x)$ *et uniformément dans chaque domaine intérieur à la région d'existence. La fonction est donc uniforme dans toute la région d'existence (simplement connexe) et sa surface de Riemann a une seule feuille.*

Nous désignerons par (C) le théorème de Weierstrass sur les séries de fonctions holomorphes dans un domaine fermé et convergentes uniformément sur le contour, et par (B) le théorème suivant de Montel : Soit E un ensemble borné parfait et partout discontinu, soit F un ensemble contenu dans E et tel que tout ensemble contenant F et contenu dans E soit discontinu, on peut alors entourer F d'une ligne ne contenant aucun point de E; il y a même un canal autour δ qui ne contient pas de point de E.

Mandelbrojt considère un cercle ayant pour centre un point singulier p et il démontre rigoureusement que l'ensemble F des points singuliers contenus dans ce cercle K, augmenté des points de la circonférence, est parfait. Pour prouver qu'il est connexe, il suffit de démontrer que chaque sous-ensemble F_1 de F est contenu dans un continu qui à son tour est contenu en F.

S'il n'en était pas ainsi, il existerait un canal qui entourerait F_1 et que ne renfermerait pas des points de F. Mais cela, affirme Mandelbrojt, est en contradiction avec les théorèmes (A) et (C).

Eh bien, la contradiction existerait réellement si les points intérieurs à δ n'étant pas singuliers, étaient réguliers; mais il peut arriver qu'ils ne soient ni l'un ni l'autre. En effet, cela arrive si K est pris suffisamment grand pour qu'il soit tout entier contenu dans le champ d'existence de la fonction, si celui-ci est fini; cela arrive dans l'exemple exposé.

Il s'ensuit donc que la conclusion est celle-ci : l'ensemble formé par les points singuliers intérieurs à K, si aucun ne se trouve sur la circonférence, est un continu. Si quelqu'un de ces points se trouve sur elle, l'ensemble, augmenté de la circonférence, est un continu.

On a donc deux cas : 1° si grand que soit K, il existe toujours des points

singuliers sur la circonférence et c'est alors que les singularités de la fonction sont des continus non bornés; 2° pour un certain K tous les points singuliers sont intérieurs au cercle, et alors, comme on l'a démontré, ils forment un continu borné. Ce continu manque de points intérieurs et c'est pour cela qu'il est une ligne cantorienne. En outre, il est fermé, ce qu'on déduit immédiatement du théorème (C).

Il reste comme valable le théorème suivant :

Si la série $\psi(x)=\sum_n a_n x^{\lambda_n}$ *admet des lacunes telles que, pour une suite* λ_{n_i}, *on ait* $\lim_{l\to\infty} \lambda_{n_i+1}/\lambda_{n_i}=\infty$, *les singularités de la fonction représentée par cette série sont ou des continus non bornés ou une ligne cantorienne fermée.*

Un exemple du deuxième type est exposé dans cette Note; un exemple du premier est la série suivante d'Ostrowski $\sum_{k=1}^{\infty} z^{10^{10^k}} \sum_{n=1}^{10^1 \cdot 10^k} \frac{(-10^{2\cdot 10^k})^n}{n!}$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur certaines conditions nécessaires pour la régularité d'une fonction en un point du cercle de convergence.* Note [1] de MM. **M. Fekete** et **S. Marshak**, présentée par M. Hadamard.

1. Soit

$$f(x)=r_0+r_1x+\ldots+r_nx^n+\ldots$$

une série entière à coefficients réels, le rayon de convergence étant égal à 1. Supposons que $x=1$ soit un point régulier de $f(x)$. Alors, en posant

$$(1)\qquad |r_n|+r_n=2p_n,\qquad |r_n|-r_n=2q_n,$$

on a (d'après les théorèmes de Cauchy-Hadamard et Vivanti-Pringsheim)

$$(2)\qquad \overline{\lim_{n\to\infty}}\frac{\log p_n}{n}=\overline{\lim_{n\to\infty}}\frac{\log q_n}{n}=\overline{\lim_{n\to\infty}}\frac{\log|r_n|}{n}=0.$$

2. A l'aide d'un résultat récent de MM. Heilbronn et Landau [2], nous pouvons compléter (2) en montrant que *sous les hypothèses du paragraphe* 1

---

[1] Séance du 31 juillet 1933.
[2] *Math. Zeitschrift*, 37, 1933, p. 17.

les p_n et q_n satisfont aussi à l'égalité

$$(3) \qquad \overline{\lim_{n\to\infty}} \frac{\log p_n}{\log n} = \overline{\lim_{n\to\infty}} \frac{\log q_n}{\log n} = \overline{\lim_{n\to\infty}} \frac{\log |r_n|}{\log n} = \alpha \qquad (-\infty \leqq \alpha \leqq \infty).$$

Pour le vérifier, remarquons d'abord que le point $x = 1$ sera dans le cas considéré (d'après une proposition classique de M. Hadamard) un point régulier de $\sum_{n=0}^{\infty} r_n/(n+1)^\sigma x^n$. Ce fait, combiné avec le résultat susmentionné (qui, interprété convenablement, exprime que les deux relations

$$(4) \qquad \overline{\lim_{n\to\infty}} \rho_n < \infty, \qquad \underline{\lim_{n\to\infty}} \rho_n > -\infty,$$

ont simultanément lieu ou non pour toute série $\sum_{n=0}^{\infty} \rho_n x^n$ à coefficients réels, convergente pour $|x| < 1$ et régulière pour $x = 1$), nous conduira, toujours sous les mêmes hypothèses, à la simultanéité des relations

$$\overline{\lim_{n\to\infty}} \frac{p_n}{n^k} < \infty, \qquad \overline{\lim_{n\to\infty}} \frac{q_n}{n^k} < \infty$$

pour $k \gtreqless 0$. Il en résulte (3) comme conséquence à peu près immédiate [il faudra tenir compte de la relation $|r_n| = \max\{p_n, q_n\}$, résultant de (1)].

3. Utilisant la notion d'ordre de M. Hadamard, le résultat peut s'énoncer :

Avec les suppositions et notations du paragraphe 1, l'ordre des deux séries

$$g(x) = \sum_{n=0}^{\infty} p_n x^n, \qquad h(x) = \sum_{n=0}^{\infty} q_n x^n,$$

sur le cercle de convergence [de rayon 1, d'après (2)] *aura une même valeur* égale à $\alpha + 1$, ordre de $f(x) = g(x) - h(x)$. Plus généralement :

Soit $\rho \geqq -1$. Sous l'hypothèse du paragraphe 1, l'ordre des deux séries

$$\sum_{n=0}^{\infty} P_n^{(\rho)} x^n, \qquad \sum_{n=0}^{\infty} Q_n^{(\rho)} x^n,$$

représentant les fonctions $g(x)/(1-x)^{\rho+1}$, $h(x)/(1-x)^{\rho+1}$) *aura une même valeur* $\omega = \omega(\rho)$. Autrement dit

$$(5) \qquad \lim_{n\to\infty} \frac{\log P_n^{(\rho)}}{\log n} = \overline{\lim_{n\to\infty}} \frac{\log Q_n^{(\rho)}}{\log n} = \omega - 1,$$

La démonstration de cette proposition repose sur deux faits :

1° Il suffit, pour la simultanéité des deux relations (4), de supposer $\varphi(x)$ borné dans le secteur $0 \leq |x| < 1$, $|\operatorname{arc} x| \leq \lambda$, $(0 < \lambda \leq \pi)$.

2° La borne supérieure de $|\varphi(x)|$ dans un tel secteur étant donnée par B, la transformée $\varphi_\sigma(x) = \sum_{n=0}^{\infty} \rho_n/(n+1)^\sigma x^n$ de $\varphi(x)$ y satisfera, pour $\sigma > 0$, à $|\varphi_\sigma(x)| \leq B$ d'après son expression à partir de φ sous forme d'intégrale définie.

Je dis [ce qui suffit pour vérifier (5)] que les deux relations

$$\overline{\lim_{n \to \infty}} \frac{P_n^{(\rho)}}{n^k} < \infty, \qquad \overline{\lim_{n \to \infty}} \frac{Q_n^{(\rho)}}{n^k} < \infty \tag{6}$$

(étant en défaut, eu égard à $p_n \geq 0$, $q_n \geq 0$, $p_n \not\equiv 0$, $q_n \not\equiv 0$, pour $k < \rho$) sont remplies ou non, pour un $k \geq \rho > -1$, simultanément.

Dans le cas $\rho > 0$, il suffit, à cet effet, de considérer la fonction auxiliaire

$$\varphi(x) = \frac{1}{(1-x)^{\rho+1}} \left[f(x) - \sum_{\nu=0}^{m} \frac{f^{(\nu)}(1)(x-1)^\nu}{\nu!} \right] = \sum_{n=0}^{\infty} R_n^{(\rho)} x^n - \sum_{\nu=0}^{m} \frac{f^{(\nu)}(1)(-1)^\nu}{\nu!(1-x)^{\rho+1-\nu}},$$

le nombre entier n étant assujetti aux inégalités $\rho \leq m < \rho + 1$.

On voit aisément que, sous les hypothèses faites, cette fonction $\varphi(x)$ sera régulière pour $|x| < 1$ et uniformément bornée dans le secteur $|x| < 1$, $\operatorname{arc} x| \leq \lambda$ pour $\lambda > 0$ convenablement choisi. Il en résulte, d'après 1° et 2°, la simultanéité des deux relations

$$\overline{\lim_{n \to \infty}} \frac{R_n^{(\rho)}}{n^k} < \infty, \qquad \underline{\lim_{n \to \infty}} \frac{R_n^{(\rho)}}{n^k} > -\infty, \tag{7}$$

pourvu que $x \geq \rho > 0$, ce qui démontrera (eu égard à $R_n^{(\rho)} = P_n^{(\rho)} - Q_n^{(\rho)}$) la simultanéité des relations (6). Quant au cas $-1 < \rho \leq 0$, la vérification de notre assertion est basée sur la considération de la fonction auxiliaire nouvelle

$$\begin{aligned} \psi(x) &= \sum_{n=1}^{\infty} n R_n^{(\rho)} x^{n-1} - \frac{f'(1)}{(1-x)^{\rho+1}} - (1+\rho) \frac{f(1) + f'(1)(x-1)}{(1-x)^{\rho+2}} \\ &= \frac{f'(x) - f'(1)}{(1-x)^{\rho+1}} + (1+\rho) \frac{f(x) - f(1) - f'(1)(x-1)}{(1-x)^{\rho+2}} \end{aligned}$$

régulière pour $|x| < 1$ et uniformément bornée dans un secteur

$$|x| < 1, \qquad |\operatorname{arc} x| \leq \mu \qquad (0 < \mu \leq \pi).$$

L'application de 1° et 2° à cette fonction (avec $\sigma = k + 1 \geq \rho + 1$) fournira encore la simultanéité des deux relations (7) pour $k \geq \rho$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les séries de Fourier des fonctions de carré sommable.* Note [1] de M. **Raphaël Salem**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Étant donnée la série

$$(1)\qquad \sum_{1}^{\infty} \rho_p \cos(px - \alpha_p) \qquad (\rho_p \geqq 0),$$

j'ai démontré [2] que si le reste de la série $\Sigma\rho_p^2$, supposée convergente, satisfait à l'inégalité

$$(2)\qquad \sum_{n+1}^{\infty} \rho_p^2 < \frac{A}{\log n (\log_2 n)^2 \ldots (\log_{\mu-1} n)^2 (\log_\mu n)^a} \qquad (a > 2),$$

on peut toujours choisir les α_p de façon que (1) soit la série de Fourier d'une fonction *continue*.

Cette proposition n'est plus vraie si l'on ne suppose que la convergence de la série $\Sigma\rho_p^2$ sans faire aucune autre hypothèse. Cela résulte d'un théorème de M. Szidon sur les séries à lacunes [3] et des théories classiques sur la convergence absolue. Je voudrais cependant montrer comment on peut le déduire, d'une façon immédiate et très simple, d'un résultat de M. Serge Bernstein.

Prenons $\rho_p = r_q$ pour $p = 4^q$ $(q = 1, 2, \ldots)$ et $\rho_p = 0$ pour les autres valeurs de p (Σr_q^2 étant convergente). Notre série prend la forme

$$(3)\qquad \sum_{1}^{\infty} r_q \cos(4^q x - \beta_q).$$

Or M. Bernstein a démontré [4] que *quels que soient les* β_q il existe toujours une solution commune aux k inéquations congruentielles

$$|4^q x - \beta_q| \leqq \frac{\pi}{4} \pmod{2\pi} \qquad (q = 1, 2, \ldots, k).$$

---

(1) Séance du 13 novembre 1933.
(2) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 113.
(3) *Mathematische Annalen*, **97**, 1927, p. 675-676.
(4) *Comptes rendas*, **197**, 1933, p. 213.

solution que nous désignerons par x_k. On voit alors que, pour $x = x_k$, la somme de Féjer $\sigma_k(x)$, de rang 4^k relative à notre série, est supérieure au produit par $1/\sqrt{2}$ de la moyenne arithmétique des 4^k premières sommes partielles de la série à termes non négatifs $\Sigma\rho_p$. Si donc Σr_q diverge, $\sigma_k(x_k)$ tend vers $+\infty$ avec k, ce qui suffit à prouver que, *quels que soient les* β_q, la fonction, dont (3) est la série de Fourier, n'est jamais bornée supérieurement. Elle n'est donc, non plus, jamais bornée inférieurement.

Remarquons que la divergence de Σr_q peut être aussi lente qu'on voudra. Prenons, en particulier,

$$r_q = \frac{1}{q \log q \log_2 q \ldots \log_{\mu-1} q},$$

on aura

$$\sum_{k+1}^{\infty} r_q^2 < \frac{1}{(\log k \log_2 k \ldots \log_{\mu-1} k)^2} \sum_{k+1}^{\infty} \frac{1}{q^2} < \frac{1}{k(\log k)^2 \ldots (\log_{\mu-1} k)^2}$$

ou, en posant $n = 4^k$,

$$\sum_{n+1}^{\infty} \rho_p^2 < \frac{A}{\log n (\log_2 n)^2 \ldots (\log_{\mu-1} n)^2 (\log_\mu n)^2},$$

ce qui prouve que, dans la condition donnée par l'inégalité (2), l'exposant a ne peut pas être réduit à 2.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les champs de demi-droites et les équations différentielles du premier ordre.* Note [1] de M. **André Marchaud**, transmise par M. Émile Borel.

1. A tout système de n équations différentielles de variables réelles du premier ordre, résolues par rapport aux dérivées, correspond dans un espace euclidien à $n+1$ dimensions un « champ » de demi-droites. Le problème de la détermination des intégrales étant un problème de Géométrie, il y a intérêt à porter son attention non pas sur les fonctions mais sur le « champ ». L'objet de la présente Note est d'introduire certaines notions, relatives aux champs de demi-droites, qui conduisent, pour l'existence des intégrales, à une condition suffisante *ne supposant pas la continuité des fonctions*.

(1) Séance du 13 novembre 1933.

2. Soient R un ensemble ponctuel (dense en lui-même), situé dans un espace euclidien à $n+1$ dimensions, et $\Delta(m)$ un champ de demi-droites défini sur R. Considérons un domaine D (contenant des points de R), et par un point fixe q menons la parallèle à chaque $\Delta(\overline{m})$ dont l'origine $\overline{m}$ appartient à D. On dira que le champ est *borné en direction* dans D, s'il existe un demi-cône de révolution (non plat), de sommet q, contenant toutes ces parallèles. Le plus petit demi-cône convexe satisfaisant ces conditions sera appelé la *borne convexe* du champ dans D. Elle est définie à une translation près. On désignera par B (D, q) celle ayant pour sommet le point q.

Considérons maintenant un point m_0 de R, et une suite de sphères S_1, S_2, ..., S_n, ... de centre m_0, intérieures les unes aux autres, dont les rayons tendent vers zéro. On dira que le champ est *borné en direction* en m_0 s'il l'est dans une des S_n. La limite B (m_0) de B (S_n, m_0), quand $n \to \infty$, est par définition la *borne convexe du champ* en m_0. Elle est indépendante des S_n ; d'autre part, elle contient évidemment $\Delta(m_0)$. Lorsqu'elle se réduit à cette demi-droite le champ est continu en m_0.

3. L'importance de la notion de borne convexe est mise en évidence par le fait suivant. *Si un arc simple* $\widehat{ab}$, *situé sur* R, *possède en chacun de ses points intérieurs* $\overline{m}$ *une semi-tangente* (¹) *à droite dans* B $(\overline{m})$, *alors partout (sauf en* b*) toutes les semi-tangentes à droite sont dans la borne convexe au point considéré.*

Ce résultat suggère l'idée de serrer l'étude locale du champ en considérant non pas *tout* le voisinage de chaque point m_0, mais seulement la partie comprise dans un demi-cône légèrement plus grand que B(m_0). Soit alors Γ_1, Γ_2, ..., Γ_n, ... une suite de demi-cônes convexes de sommet m_0, intérieurs les uns aux autres, ayant pour limite B(m_0). Posons $D_n = S_n \times \Gamma_n$, la suite B$(D_n, m_0)$, $(n = 1, 2, \ldots)$, a une limite $B_1(m_0)$ (indépendante des sphères et des demi-cônes), contenue dans B(m_0), mais pas nécessairement confondue avec elle. Or il arrive que B_1 peut remplacer B dans la *conclusion* de la proposition précédente. Ceci conduit à opérer sur B_1 comme on l'a fait sur B, et ainsi de suite. On formera de la sorte une suite de bornes convexes emboîtées (indépendantes des sphères et des demi-cônes), B(m_0), $B_1(m_0)$, ..., $B_2(m_0)$, ..., ayant une limite $B_\omega(m_0)$. Si l'on répète l'opération sur $B_\omega(m_0)$ on retrouve $B_\omega(m_0)$.

(¹) Une semi-tangente est un rayon du *contingent* de M. G. Bouligand. On pourra consulter à ce sujet ma Note des *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 948.

J'appelerai cette dernière borne le *résidu convexe* en m_0. Il contient évidemment $\Delta(m_0)$. Lorsqu'il se réduira à cette dernière, je dirai que le champ est *régulier* en m_0. *Un champ régulier en un point n'est pas forcément continu en ce point*, l'inverse a lieu nécessairement.

4. Voici quelques applications des notions précédentes :

1° *Soient* $\widehat{ab}$ *un arc simple et deux champs de demi-droites opposés* (¹), *définis sur un ensemble contenant* $\widehat{ab}$ *et réguliers sur cet arc.*

Si ab possède en tout point intérieur une semi-tangente, pour un côté variable ou non, dans la borne convexe en ce point de l'un des champs, LE MÊME POUR TOUT L'ARC, $\widehat{ab}$ *admet partout deux demi-tangentes opposées continues, sauf peut-être en un point de rebroussement unique, ce qui ne peut avoir lieu que si la semi-tangente considérée l'est pour un côté variable.*

La restriction soulignée ne peut être supprimée *même s'il s'agit de semi-tangentes pour un côté invariable.* Il suffit pour le voir de considérer la fonction sans dérivée de Weierstrass.

2° *Soit* $\Delta(m)$ *un champ régulier dans une sphère de centre* O ; *il existe dans la sphère un arc simple rectifiable* $\widehat{ab}$, *traversant le point* O, *qui possède en tout point* m/b *une demi-tangente à droite continue à droite :* $\Delta(\overline{m})$, *et, sauf peut-être sur un ensemble dénombrable, deux demi-tangentes opposées.*

Si le champ opposé à $\Delta(m)$ *est lui aussi régulier,* $\widehat{ab}$ *admet partout deux demi-tangentes opposées continues.*

5. Les démonstrations ainsi que d'autres propriétés (relatives à l'unicité et à la continuité des intégrales par rapport aux conditions initiales) paraîtront dans un autre Recueil. On y trouvera également l'exemple d'une *fonction* $f(x,y)$ *discontinue sur l'ensemble des points rationnels du plan*, telle que le champ défini en chaque point (x,y) par la demi-droite des paramètres $[1,(fx,y)]$ soit régulier partout, ainsi que le champ opposé. Il résulte alors de 2° que, *par tout point du plan, il passe une intégrale de l'équation* $dy/dx = f(x,y)$, *admettant partout une dérivée continue.* De plus, la fonction étant non croissante par rapport à y, *l'intégration à droite en chaque point est unique.*

(¹) C'est-à-dire dont les demi-droites sont respectivement opposées.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur un problème de la théorie du potentiel.* Note [1] de M. **Georges Bouligand**, présentée par M. Élie Cartan.

Dans l'espace euclidien à trois dimensions, soit donné un domaine borné Ω dont la frontière Σ est telle que chaque partie connexe saturée soit une surface ayant, de chaque côté, une sphère d'appui de rayon constant. Soit donnée, en chaque point Q de Σ, par son vecteur unitaire $\overrightarrow{u_Q}$, une direction dépendant continûment de Q. Il s'agira de la question suivante :

Problème $\mathfrak{T}$. — *Trouver une fonction $h(P)$ harmonique dans Ω, connaissant en chaque point Q de Σ, la dérivée g_Q de $h(P)$ dans la direction $\overrightarrow{u_Q}$* [ce qui implique la recherche de conditions suffisantes pour la continuité en chaque point de Σ de la dérivée de $h(P)$ suivant un $\overrightarrow{u_P}$ défini en tout point P de Ω voisin de Σ, et se réduisant à $\overrightarrow{u_Q}$ sur Σ, avec continuité en chaque point de Σ dans le champ $\Omega + \Sigma$].

Une théorie récente de M. Georges Giraud [2] atteint comme application particulière le problème $\mathfrak{T}$, lorsque $\overrightarrow{u_Q}$, continu à la Lipschitz, *ne devient jamais tangent à* Σ. J'avais montré en 1926 [3] qu'en l'absence de cette dernière hypothèse, une indétermination très large peut se présenter pour $\mathfrak{T}$: prenons pour Σ une seule surface coupée en deux points au plus par une demi-droite issue d'un point fixe O extérieur à Ω, et pour direction liée à chaque point Q, celle de OQ ; notre problème homogène admet alors pour solution toute fonction harmonique homogène (O étant l'origine) de degré zéro régulière dans le demi-cône de sommet O circonscrit à Ω; dans les mêmes conditions, j'ai pu montrer que le problème non homogène est toujours possible et qu'on en détermine une solution en donnant ses valeurs le long de la courbe de contact.

On obtient des ensembles plus ou moins riches de solutions du problème homogène $\mathfrak{T}_0$ en prenant une congruence dont il passe une seule courbe par chaque point de $\Omega + \Sigma$ et dont les courbes engendrent certaines familles de surfaces isothermes (correspondant à des répartitions de températures régulières et uniformes dans Ω) : on suppose alors $\overrightarrow{u_Q}$ confondu, en chaque

(1) Séance du 13 novembre 1933.

(2) *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 454-456.

(3) *C. R. Congrès Soc. Sav.*, 59, 1926, p. 68-73.

point de Σ, avec la tangente à la ligne de la congruence passant en ce point. Cette remarque conduit à prolonger la recherche dans la voie suivie par M. Delens (ci-dessus page 1163).

La coplanarité sur Σ des gradients de $n \geqq 3$ fonctions harmoniques n'entraînant pas forcément la même coplanarité dans Ω (exemple : fonctions harmoniques dans un tore et constantes le long de chaque méridien), on ne peut, de ce qu'une congruence s'adapterait sur Σ au champ $\vec{u}_Q$, conclure qu'elle soit la seule.

L'exemple qui vient d'être cité (ou aussi bien tout autre équivalent à une déformation près) dans lequel une solution de $\mathfrak{T}_0$ est déterminée par ses valeurs le long d'un contour fermé (parallèle du tore ou courbe équivalente), conduit pour le problème $\mathfrak{T}$ non homogène à *une infinité de conditions de possibilité*. C'est encore ce qui se produit lorsque, la direction donnée étant la même en tous les points de Σ, le domaine Ω contient une couche comprise entre deux sphères concentriques en laissant échapper une partie du volume de la petite sphère.

Des développements sur ces divers points sont à l'impression dans un autre Recueil.

Ajoutons que, dans le plan, la colinéarité périphérique des gradients entraîne la colinéarité interne pour deux fonctions harmoniques dont l'une est la partie réelle d'une fonction $f(z)$ univalente et holomorphe dans Ω.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur la fonction harmonique conjuguée d'une fonction harmonique bornée.* Note [1] de M. **Julius Wolff**, transmise par M. Émile Borel.

Soient $u(z) = u(x+yi)$ harmonique et bornée ($|u| < M$) dans le demi-plan $D(x>0)$ et $v(z)$ une fonction conjuguée de $u(z)$, de sorte que $w(z) = u(z) + iv(z)$ est holomorphe dans D.

Pour que $v(z) - v(|z|)$ *soit bornée dans chaque demi-plan* $D_\alpha(x \geqq \alpha > 0)$, *il faut et il suffit que la fonction de* y *définie par l'intégrale*

$$\int_1^{|y|} \frac{u(yi+\tau i) - u(yi-\tau i)}{\tau}\, d\tau \tag{1}$$

soit bornée pour $|y| > 1$.

[1] Séance du 13 novembre 1933.

Pour le démontrer partons de la représentation

$$v(z) = \text{const.} + \frac{1}{\pi}\int_{-\infty}^{\infty}\left\{\frac{t-y}{x^2+(t-y)^2} - \frac{t}{1+t^2}\right\} u(ti)\,dt.$$

Il vient

$$(2) \qquad v(z) - v(|z|) = \frac{y}{\pi}\int_{-\infty}^{\infty}\frac{t^2-|z|^2}{t^2+|z|^2}\,\frac{u(ti)}{x^2+(t-y)^2}\,dt.$$

Pour $|y| < 1$ l'expression (2) est plus petite que M/x en valeur absolue. Bornons-nous donc au cas $|y| \geqq 1$.

On vérifie facilement que le changement de $|z|$ en $|y|$ dans (2) fait subir à cette expression un changement dont la valeur absolue ne surpasse pas $\frac{1}{2}M$, quel que soit z dans D. Écrivons pour l'expression ainsi modifiée

$$\frac{y}{\pi}\int_{-\infty}^{\infty}\frac{t^2-y^2}{t^2+y^2}\,\frac{u(ti)}{x^2+(t-y)^2}\,dt = \frac{y}{\pi}\left\{\int_{|t-y|>|y|} + \int_{|t-y|<1} + \int_{1\leqq|t-y|\leqq|y|}\right\}$$
$$= \frac{y}{\pi}(\mathcal{J}_1 + \mathcal{J}_2 + \mathcal{J}_3).$$

Or

$$(3) \qquad \left|\frac{y}{\pi}\mathcal{J}_1\right| < \left|\frac{2My}{\pi x}\operatorname{arc\,tang}\frac{x}{y}\right| < \frac{2M}{\pi}$$

et

$$(4) \qquad \left|\frac{y}{\pi}\mathcal{J}_2\right| < \left|\frac{My}{\pi}\int_{|t-y|<1}\frac{|t|+|y|}{t^2+y^2}\,\frac{dt}{x^2+(t-y)^2}\right| < \frac{2M}{x}.$$

Dans $\mathcal{J}_3$ posons $t = y + \tau$. Il vient

$$(5) \qquad \left|\frac{y}{\pi}\mathcal{J}_3\right| = \frac{y}{\pi}\int_{1\leqq\tau\leqq|y|}\frac{\tau(2y+\tau)}{(x^2+\tau^2)\left\{y^2+(y+\tau)^2\right\}}\,u(yi+\tau i)\,d\tau.$$

On vérifie facilement que le changement de $y(2y+\tau)/y^2+(y+\tau)^2$ en 1 dans (5) fait subir à cette expression un changement dont la valeur absolue ne surpasse pas $4M/\pi$, quel que soit z dans D. Donc

$$(6) \qquad \left|\frac{y}{\pi}\mathcal{J}_3\right| < \frac{4M}{\pi} + \frac{1}{\pi}\left|\int_1^{|y|}\frac{u(yi+\tau i)-u(yi-\tau i)}{x^2+\tau^2}\,\tau\,d\tau\right|.$$

Si $x = a > 0$, la valeur absolue de la différence entre l'intégrale dans (6) et l'intégrale (1) ne surpasse pas Ma, d'où la nécessité de la condition dans le théorème à démontrer.

Soit maintenant satisfaite la condition (1). Remarquons d'abord que pour $x \geqq |y|$ l'expression (2) ne surpasse pas M en valeur absolue. La

combinaison des deux dernières remarques permet de conclure que la fonction holomorphe $\psi(z) = w(z) - w(-iz)$ est bornée pour $x \geqq a, y = x$ et aussi pour $x = a$. La représentation du domaine $\Delta(x \geqq a, y \geqq x)$ sur le cercle unité et l'application de l'intégrale de Poisson conduisent à $\psi(z)$ bornée dans Δ. Mais $w(-iz) - w(|z|)$ est bornée dans Δ, parce que, z étant dans Δ, $-iz$ se trouve dans l'angle $x < |y|$. Donc $w(z) - w(|z|)$ est bornée dans Δ. De même dans le domaine $(x \geqq a, y \leqq -x)$. Comme cette différence est bornée dans l'angle $x < |y|$, elle est bornée dans D_a, et le théorème est démontré.

Une petite modification de la démonstration conduit au théorème : *Pour que* $v(z) - v(|z|)$ *tende vers zéro dans chaque* D_a, *quelle que soit la manière dont* z *tend vers l'infini, il faut et il suffit que la fonction* (1) *tende vers zéro pour* $|y| \to \infty$.

Signalons deux conséquences :

1° *Pour que* $v(z)$ *soit bornée dans chaque* D_a, *il faut et il suffit que l'intégrale* (1) *et l'intégrale* $\int_1^{|y|} \frac{u(\tau i) - u(-\tau i)}{\tau} d\tau$ *soient bornées pour* $|y| > 1$;

2° *Pour que* $v(z)$ *tende vers une limite finie dans chaque* D_a, *quelle que soit la manière dont* z *tend vers l'infini, il faut et il suffit que l'intégrale de Fatou* $\int_1^{\infty} \frac{u(\tau i) - u(-\tau i)}{\tau} d\tau$ *ait un sens et que la fonction* (1) *tende vers zéro pour* $|y| \to \infty$.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Remarques sur les Communications de M. Minetti au sujet d'un espace composé de fonctions holomorphes.* Note de M. **Maurice Fréchet**, présentée par M. Émile Borel.

Les observations suivantes peuvent compléter utilement les trois intéressantes Communications de M. Minetti [1] :

1° On peut rendre complet l'espace défini par M. Minetti en le prolongeant convenablement.

Soit en effet $a(z) = a_0 + \ldots + a_n z^n + \ldots$ une fonction holomorphe à l'intérieur du cercle C : $|z| \leqq 1$. On sait que si la série $\sum_n |a_n|^2$ est convergente, alors $a(rz)$ tend vers une limite finie déterminée quand le nombre

[1] *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 221, 474, 637.

réel r tend en croissant vers l'unité, z prenant une position fixe, cette position étant arbitraire sur C à l'exception, peut-être, d'un ensemble E de mesure nulle. La fonction $a(z)$, donnée à l'intérieur de C, devient déterminée sur C si on la prend égale à cette limite là où elle existe et à zéro sur E. On sait aussi qu'alors $|a(z)|^2$ est sommable sur C et que l'on a

$$\sum_n |a_n|^2 = \frac{1}{2\pi} \int_C |a(z)|^2 |dz|. \tag{1}$$

Soit h_2 l'ensemble des fonctions telles que $a(z)$. La différence de deux fonctions de h_2 appartient à h_2. Le nouvel espace H_2 sera l'espace constitué des éléments de h_2, c'est-à-dire des fonctions holomorphes à l'intérieur de C et de carré sommable sur C, et sur lequel on définit la distance de deux éléments $b(z)$, $c(z)$ par l'expression

$$(b, c) = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_C |b(z) - c(z)|^2 |dz|}.$$

Cet espace H_2 est un espace distancié vectoriel qui est complet et séparable ([1]). Il est applicable sur l'espace complexe de Hilbert.

2° Dans cet espace H_2, la définition de la limite qui s'y déduit de l'expression de la distance n'est pas facile à exprimer directement de façon simple. Contentons-nous d'observer que : si f_p, f étant des éléments de H_2, (f_p, f) tend vers zéro, non seulement $|f_p(z) - f(z)$ convergera uniformément vers zéro sur tout cercle intérieur à C, mais encore le produit $\sqrt{1 - |z|}\, |f_p(z) - f(z)|$ convergera uniformément vers zéro dans et sur C.

3° Nous avons déjà fait connaître oralement ces observations quand nous avons appris tout récemment que MM. Tamarkine et Hille ont étudié ([2]) un espace analogue à H_2, mais où l'intérieur de C se trouve remplacé par le demi-plan complexe supérieur. J'ajoute que le Mémoire étendu dont M. Minetti n'a donné dans les *Comptes rendus* qu'un très bref résumé est déjà à l'impression et que M. Minetti a bien voulu m'en communiquer les épreuves il y a plusieurs mois. Le fait que M. Minetti a été conduit par des considérations géométriques à l'étude de son espace, tandis que MM. Tamarkine et Hille avaient en vue l'étude des intégrales de

---

([1]) Voir, pour la signification de ces expressions, l'index de mon livre *Les Espaces abstraits*, 1928.

([2]) *Proc. Amer. Nat. Ac. Washington*, **19**, 1933, p. 902.

Laplace-Stieltjes, ne peut qu'augmenter l'intérêt des définitions si semblables de la distance considérées par l'un et par les autres en vue d'objectifs si différents.

4° On trouve fréquemment défini le produit vectoriel $\beta \times \gamma$ de deux fonctions complexes $\beta(z)$, $\gamma(z)$ déterminées sur C par la formule dissymétrique

$$(2) \qquad \beta \times \gamma = \frac{1}{2\pi} \int_C \beta(z)\bar{\gamma}(z) |dz|,$$

en désignant par $\bar{\gamma}$ le nombre complexe conjugué de γ.

Si l'on observe que pour trois éléments quelconques $a(z)$, $b(z)$, $c(z)$ de H_2, on a

$$|(a, b) - (a, c)| \leqq (b, c) \leqq (a, b) + (a, c),$$

il paraîtra naturel de poser

$$(b, c)^2 = (a, b)^2 + (a, c)^2 - 2(a, b)(a, c)\cos(ab, ac),$$

formule qui donne pour $\cos(ab, ac)$ une valeur réelle comprise entre -1 et $+1$ et bien déterminée si a est différent de b et de c. Mais alors, on pourra écrire la formule classique simple

$$(b-a) \times (c-a) = (a, b)(a, c)\cos(ab, ac),$$

si l'on a soin de *remplacer la formule* (2) *par la formule symétrique*

$$(3) \qquad \beta \times \gamma = \frac{1}{2\pi} \int_C \frac{\beta(z)\bar{\gamma}(z) + \bar{\beta}(z)\gamma(z)}{2} |dz|.$$

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur un théorème de MM. Carathéodory et Féjer.* Note de M. **Chr. Fousianis**, présentée par M. Élie Cartan.

L'inégalité bien connue de MM. Carathéodory et Féjer entre le module maximum d'une fonction $f(z)$ et ses racines dans un cercle, dans lequel $f(z)$ est holomorphe [1], conduit à des conséquences intéressantes sur les racines des polynomes algébriques.

Désignons en effet par $r_1 \leqq r_2 \leqq \ldots \leqq r_m$ les modules des racines du polynome

$$\varphi(z) = z^m + \alpha_{m-1} z^{m-1} + \ldots + \alpha_1 z + \alpha_0,$$

(1) C. Carathéodory et L. Féjer, *Comptes rendus*, 145, 1907, p. 163.

rangées par ordre de grandeur. Considérons un cercle $|z| < r$ de rayon $r \geqq 1$, et soit n le nombre des racines de $\varphi(z)$ qu'il contient. D'après le résultat de MM. Carathéodory et Féjer, on aura en un point au moins de la circonférence $|z| = r$ l'inégalité

$$|\varphi(z)| > \frac{r^n}{r_1 r_2 \ldots r_n} |(0)|.$$

Il suit de là qu'on pourra écrire

$$r^m + |\alpha_{m-1}| r^{m-1} + \ldots + |\alpha_0| > \frac{r^n}{r_1 r_2 \ldots r_n} r_1 r_2 \ldots r_m,$$

et par conséquent, dans le cas où $m - n = k > 0$,

$$r^m + |\alpha_{m-1}| r^{m-1} + \ldots + |\alpha_0| > r^n . r_{n+1} . r_{n+2} \ldots r_{n+k}.$$

Posons

$$\Theta = 1 + |\alpha_{m-1}| + \ldots + |\alpha_0|,$$

et soit λ un nombre entier positif ou nul plus petit que k; on pourra écrire

$$r^k \Theta > r_{n+1} r_{n+2} \ldots r_{n+\lambda} . r_{n+\lambda+1}^{k-\lambda},$$

d'où l'on tirera la relation

$$(1) \qquad r \sqrt[k-\lambda]{\Theta} > r_{n+\lambda+1}.$$

Par conséquent il existe au moins $(\lambda + 1)$ racines du polynome $\varphi(z)$ dans l'anneau $(r, r \sqrt[k-\lambda]{\Theta})$. Nous avons donc établi le théorème suivant :

Théorème I. — *Soit* $\varphi(z) = z^m + \alpha_{m-1} z^{m-1} + \ldots + \alpha_0$ *un polynome dont* k *racines satisfont à la relation* $|z| \geqq r \geqq 1$. *Si l'on a* $k > 0$, *il existera pour chaque nombre entier positif ou nul* $\lambda < k$ *au moins* $(\lambda + 1)$ *racines de* $\varphi(z)$ *dans l'anneau* $(r, r \sqrt[k-\lambda]{\Theta})$, *le nombre* Θ *étant défini comme précédemment.*

Il suit de là, en prenant $r = 1$, qu'il ne peut y avoir plus de $(k - \lambda - 1)$ racines du polynome $\varphi(z)$ à l'extérieur du cercle

$$|z| = \sqrt[k-\lambda]{\Theta},$$

ou sur sa circonférence; on en conclut :

Théorème II. — *Le nombre des racines du polynome*

$$\varphi(z) = z^m + \alpha_{m-1} z + \ldots + \alpha_0$$

qui se trouvent en dehors ou sur la circonférence du cercle $|z| = \sqrt[\nu]{\Theta}$ *ne dépasse jamais* $(\nu - 1)$, *le nombre* ν *étant un entier quelconque.*

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Sur la polarisation des électrons diffusés.* Note ([1]) de M. **W. M. Elsasser**, présentée par M. Louis de Broglie.

Th. Förster ([2]) montre que l'on n'obtient pas d'effet de polarisation lors de la réflexion d'un jet électronique par un potentiel dont la variation ne dépend que d'une seule coordonnée. Nous indiquons ici une généralisation simple de ce résultat en montrant que pour un potentiel quelconque la méthode de Born ne donne jamais en première approximation un effet de polarisation. Pour le cas spécial du potentiel coulombien ce résultat a été trouvé par Mott ([3]), qui a montré que les effets de polarisation interviennent seulement dans les termes de second ordre. Notre résultat général permet d'exclure la possibilité d'un effet observable de polarisation pour une classe très étendue de phénomènes de diffusion électronique.

L'énoncé qu'un potentiel à variation unidimensionnelle ne donne pas un effet de polarisation contient, comme tous les théorèmes de ce genre, deux parties distinctes. La première partie exprime qu'un tel potentiel ne peut pas être employé comme polariseur. En général la direction du spin subit une rotation lors de la diffusion de l'onde, mais cette rotation étant en notre cas la même pour toutes les directions primitives du spin, aucune direction ne sera avantagée par rapport à une autre. La deuxième partie du théorème exclut l'usage d'un tel potentiel comme analyseur : le pouvoir de réflexion du potentiel ne dépend pas de la direction du spin de l'onde incidente.

Soit

$$\psi_0 = \tau_0 e^{i\vec{k}_0\vec{r}}$$

l'onde incidente, où τ_0 désigne un « spineur », grandeur à quatre composantes complexes. Soit $\vec{k}_1$ le vecteur d'onde de l'électron diffusé. On a $|k_0| = |k_1|$ pour un choc élastique et $|k_0| > |k_1|$ pour un choc inélastique. En général, l'onde diffusée dans une certaine direction ne représentera plus un « cas pur », mais un ensemble statistique consistant en une superposition de spins de différentes directions. Nous écrirons symboliquement

$$\psi_1 = \sum_i \tau_{1i} e^{i\vec{k}_1\vec{r}}$$

([1]) Séance du 13 novembre 1933.

([2]) Th. Förster, *Zeits. f. Phys.*, 85, 1933, p. 514.

([3]) N. F. Mott, *Proc. Roy. Soc.*, 135, 1932, p. 429.

pour l'expression asymptotique de l'onde diffusée. La probabilité de transition de la direction $\vec{k}_0$ dans la direction $\vec{k}_1$ est donnée par l'expression

$$(1)\qquad P = \frac{m^2}{4\pi^2 h^4}\left|\sum \tau_{1i}^* \tau_0 \int V_{01}(\vec{r})\, e^{i(\vec{k}_0-\vec{k}_1)\vec{r}}\, dv_r\right|^2.$$

Nous décomposons le potentiel d'interaction V_{01} en une intégrale de Fourier

$$V_{01}(\vec{r}) = \int U(\vec{k})\, e^{-i\vec{k}\vec{r}}\, dv_k.$$

En substituant cette expression dans (1) on obtient, en vertu de la relation

$$\int e^{i(-\vec{k}+\vec{k}_0-\vec{k}_1)\vec{r}}\, dv_r = (2\pi)^{\frac{3}{2}}\,\delta(\vec{k}-\vec{k}_0+\vec{k}_1),$$

la valeur de la probabilité

$$(2)\qquad P = \frac{2\pi m^2}{h^4}\left|\sum_i \tau_{1i}^* \tau^0\, U(\vec{k}_0-\vec{k}_1)\right|^2.$$

Comme on pouvait s'y attendre, c'est seulement la composante harmonique du potentiel, pour laquelle $\vec{k}=\vec{k}_0-\vec{k}_1$, qui intervient dans l'expression de la probabilité de diffusion. On a donc un potentiel à variation unidimensionnelle. Pour reconnaître qu'avec cette approximation un corps diffuseur ne peut servir ni comme polarisateur, ni comme analyseur, on n'a qu'à appliquer le raisonnement mentionné ci-dessus séparément pour chaque direction de l'onde diffusée.

Ajoutons une remarque d'ordre général. Quelle est la relation entre les qualités de polariseur et d'analyseur pour un corps diffuseur quelconque? Quand $\sum_i \tau_{1i}^* \tau_0$ varie en fonction de τ_0, le pouvoir de réflexion dépend de la direction τ_0 du spin [cf. formule (2)], et le corps peut servir comme analyseur. D'autre part, si le jet incident d'électrons se compose d'un ensemble statistique de spins, répartis d'une manière homogène dans toutes les directions, cet ensemble ne sera plus homogène après réflexion, si $\sum \tau_{1i}^* \tau_0$ varie avec τ_0, et c'est là la propriété du polariseur. En effet, la grandeur $\tau_1^* \tau_0$ représente un produit scalaire de deux spineurs et, si tous les produits scalaires sont constants, un ensemble de spins subit une rotation dans l'espace des spineurs correspondant à la rotation d'un corps

rigide. Mais, si les produits scalaires ne sont pas constants, l'ensemble des spins subit une déformation, ce qui correspond à une variation de la densité de l'ensemble pour les différentes directions du spin (jet d'électrons polarisé).

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur les corrections à apporter aux caractéristiques aérodynamiqnes d'une aile sustentatrice expérimentée dans une soufflerie à veine rectangulaire semi-guidée par des parois parallèles à l'envergure de l'aile et à la vitesse du vent.* Note (1) de M. **Albert Toussaint**, présentée par M. Henri Villat.

Soit une veine rectangulaire de largeur b (supposée horizontale), de hauteur h, *limitée* seulement par un plancher et par un plafond horizontaux. Soit une aile sustentatrice d'envergure L, de surface S, disposée horizontalement dans la veine semi-guidée. Nous supposerons une répartition uniforme de la circulation Γ, le long de l'envergure L. Le système tourbillonnaire remplaçant l'aile réelle comportera deux demi-tourbillons libres $\pm\Gamma$ aux extrémités de l'envergure.

Les conditions de limitation de ln veine fluide équivalent à des doubles files verticales de demi-tourbillons, image des demi-tourbillons libres de l'aile réelle. Ces images sont à circulation inversée pour les parois horizontales inférieures et supérieures, et non inversée pour les côtés verticaux.

Dans l'ensemble, on a des files verticales de demi-tourbillons alternés avec un demi-tourbillon, origine $+\Gamma$ ou $-\Gamma$, suivant la file considérée. Rapportons le système à des axes Ox et Oy passant par le centre de l'aile et tels que Ox est horizontal.

Nous calculerons la vitesse moyenne v_m due aux demi-tourbillons images et définie par l'expression

$$v_m = \frac{1}{L}\int_{-\frac{L}{2}}^{+\frac{L}{2}} v_x\,dx,$$

v_x étant la vitesse en un point x de l'envergure.

Le potentiel complexe pour une file verticale $x_m = mb$, comportant les

---

(1) Séance du 13 novembre 1933.

tourbillons $(-1)^n\Gamma$ aux ordonnées $y = \pm inh$, s'écrit

$$f = \frac{\Gamma}{2i\pi}\operatorname{Log}\frac{h}{2}\operatorname{th}\frac{\pi(z-mb)}{2h}.$$

La vitesse complexe en un point z du plan de l'aile sera, pour une file de *demi-tourbillons*,

$$\frac{1}{2}\frac{df}{dz} = \frac{\Gamma}{4i\pi}\frac{\pi}{h}\operatorname{coséch}\frac{\pi(z-mb)}{h} = -iv_z.$$

En un point $z = x$ on aura donc

$$v_x = \frac{\Gamma}{4\pi}\frac{\pi}{h}\operatorname{coséch}\frac{\pi(x-mb)}{h} \quad \text{et} \quad \int v_x\,dx = \frac{\Gamma}{4\pi}\operatorname{Log}\left[\operatorname{th}\frac{\pi}{2h}(x-mb)\right],$$

En appliquant ce résultat pour la double file d'origine $\pm L/2$ avec les circulations $\pm\Gamma$, on aura

$$\int_{(x_0)} v_x\,dx = \frac{\Gamma}{4\pi}\operatorname{Log}\frac{\operatorname{th}\frac{\pi}{2h}\left(x-\frac{L}{2}\right)}{\operatorname{th}\frac{\pi}{2h}\left(x+\frac{L}{2}\right)}.$$

Nous devons retrancher de cette expression la valeur correspondante due aux demi-tourbillons libres de l'aile réelle, soit

$$-\frac{\Gamma}{4\pi}\operatorname{Log}\frac{x+\frac{L}{2}}{x-\frac{L}{2}}.$$

On a donc, pour les images que comporte cette double file origine,

$$\int_{-\frac{L}{2}}^{+\frac{L}{2}} v_x\,dx = -\frac{\Gamma}{2\pi}\operatorname{Log}\frac{\operatorname{th}\frac{\pi L}{2h}}{\frac{\pi L}{2h}}.$$

Pour une double file $x_m = mb$ la vitesse induite v_x est égale à celle que la double file origine produit entre $x_1 = mb - L/2$ et $x_2 = mb + L/2$. Donc :

$$\int_{(x_m)} v_x\,dx = -\frac{\Gamma}{4\pi}(-1)^m\operatorname{Log}\frac{\operatorname{th}\frac{\pi}{2h}(mb+L)\operatorname{th}\frac{\pi}{2h}(mb-L)}{\operatorname{th}^2\frac{\pi mb}{2h}}.$$

En définitive, la vitesse induite moyenne v_m pour *l'ensemble des images*

$x = \pm mb$, y compris $m = 0$, sera

$$v_m = \frac{-\Gamma}{2\pi L}\left\{ \operatorname{Log} \frac{\operatorname{th}\frac{\pi L}{2h}}{\frac{\pi L}{2h}} + (-1)^m \sum_1^{\infty} \operatorname{Log} \frac{\operatorname{th}\frac{\pi}{2}\left(m\frac{b}{h}+\frac{L}{h}\right)\operatorname{th}\frac{\pi}{2}\left(\frac{mb}{h}-\frac{L}{h}\right)}{\operatorname{th}^2\frac{\pi}{2}\frac{mb}{h}} \right\}$$
$$= \frac{-\Gamma}{2\pi L}\{\varepsilon_1\}.$$

En remplaçant Γ par $C_z/2\,V_0 S/L$ et en introduisant $S_0 = bh$, les corrections $\Delta\alpha$ et ΔC_x seront

$$\Delta\alpha \cong \frac{v_m}{V_0} = \frac{C_z S}{S_0}\,\frac{\varepsilon_1}{4\pi\left(\frac{L}{b}\right)^2\frac{b}{h}} = \frac{C_z S}{S_0}\,\varepsilon,$$
$$\Delta C_x \cong \frac{C_z^2 S}{S_0}\,\varepsilon.$$

Voici les valeurs de E pour divers rapports L/b et b/h :

b/h..... L/b.	0,25.	0.5.	1.	2.	4.
0,5.......	−0,283	−0,144	−0,02530	+0,0750	+0,09120
0,8.......	−0,418	−0,213	−0,0772	+0,0225	+0,0453

L'étude de ces résultats montre que les corrections $\Delta\alpha$ et ΔC_x *sont nulles* pour les valeurs de b/h et de L/b données ci-dessous.

Veines rectangulaires semi-guidées comportant $\varepsilon = 0$.

b/h.	1,00.	1,04.	1,10.	1,15.	1,24.	1,36.	1,60.	2,00.	2,90.
L/b.....	0	0,20	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	0,95

Pour les valeurs usuelles de L/b comprises entre 0,5 et 0,7 les corrections sont nulles ou négligeables en adoptant b/h compris entre 1,15 et 1,36. Les souffleries à veine rectangulaire semi-guidée par des parois horizontales disposées comme il est dit ci-dessus offrent, en outre, des commodités expérimentales appréciables.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Distributions de masses produisant le même potentiel dans une région intérieure commune.* Note (¹) de M. **Pierre Dive**, présentée par M. Élie Cartan.

En 1931, nous avons donné quelques réciproques de théorèmes sur le potentiel newtonien (²). Rappelons ces propositions :

I. Toute somme d'une forme quadratique définie négative et d'une constante positive représente le potentiel newtonien intérieur d'un ellipsoïde homogène.

II. Si le potentiel newtonien d'un corps homogène est, en tout point d'une région intérieure, égal au potentiel d'un ellipsoïde homogène, ce corps coïncide avec l'ellipsoïde.

III. Toute couche homogène, comprise entre deux surfaces fermées, homothétiques par rapport à un point intérieur (*homoïde*), est un homoïde ellipsoïdal (³).

Ces premiers résultats ont été l'origine d'autres recherches dans le même domaine, dont l'objet principal était de trouver dans quelles conditions deux répartitions de masses différentes peuvent produire le même potentiel dans une région intérieure commune.

Les parties distinctes de deux homoïdes ellipsoïdaux identiques qui se coupent nous ont fourni très simplement un système de corps possédant le même potentiel dans la région commune de leurs cavités. Mais cet exemple est encore très instructif à un autre point de vue, car il nous met en présence d'un potentiel newtonien coïncidant avec une branche de fonction harmonique multiforme dont M. Wavre a fait une étude très complète (⁴).

L'étude systématique des polydromies des prolongements des potentiels

---

(¹) Séance du 13 novembre 1933.

(²) *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 1443; **193**, 1931, p. 141, et *Bulletin de la Société mathématique*, **59**, III-IV, 1931, p. 128 à 140.

(³) Sans avoir eu connaissance de nos travaux, M. Niklibore a obtenu les mêmes énoncés par une autre voie (*Math. Zeits.*, 1932, **35**, h. 5 et **36**, h. 2).

(⁴) P. Dive et R. Wavre, *Comptes rendus des séances Soc. Ph. et Hist. Nat. de Genève*, **49**, n° 1, 1932, p. 35; R. Wavre et P. Dive, *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 1901; R. Wavre, *Mathematische Zeitschrift*, **37**, h. 5, 1933, p. 739 à 748.

a encore donné à MM. Wavre et Vasilesco de très intéressants exemples (1). Cette étude se rattache directement à la recherche des conditions requises pour que deux corps puissent posséder le même potentiel dans une région intérieure. Et, en effet, on définira une fonction harmonique multiforme nouvelle chaque fois que l'on trouvera deux répartitions équipotentiantes distinctes. Cela résulte de ce que les potentiels extérieurs respectifs sont différents, tandis que leurs prolongements sont identiques dans la région intérieure commune.

Dans une précédente Note (2), nous avons établi que deux corps ne sauraient produire le même potentiel dans une région intérieure commune, si chacun d'eux est tout entier d'un même côté du plan tangent en un point quelconque de la portion de sa surface limite intérieure à l'autre corps. Ce résultat joint à notre proposition II, rappelée ci-dessus, inclinait à penser que l'impossibilité de concevoir deux répartitions de masses *simplement connexes* distinctes, équipotentiantes dans une même région intérieure, était générale. Mais nous avons trouvé des exemples qui contredisent cette supposition.

Considérons deux homoïdes A et B, sphériques ou ellipsoïdaux, qui se coupent et possédant des potentiels constants égaux dans la région commune R de leurs cavités. Désignons par C_A la partie de la cavité de l'homoïde A extérieure à l'homoïde B, par C_B la partie de la cavité de B extérieure à A, et par Γ l'anneau commun aux deux homoïdes. Le domaine C_A est à la fois contigu à une portion de la surface intérieure de A et à une portion de la surface extérieure de B. De même C_B est contigu à la fois à une portion de la surface intérieure de B et à une portion de la surface extérieure de A. Tandis que la région R est à la fois contiguë à une portion de la surface *intérieure* de A et à une portion de la surface *intérieure* de B. Nous pouvons donc ajouter à chacun des homoïdes A et B des masses contiguës communes remplissant les cavités C_A, R, C_B.

Les potentiels des deux nouveaux corps A′ et B′ ainsi obtenus ne seront plus constants dans R, mais ils seront évidemment encore égaux.

Les corps A′ et B′ présentent chacun une seule cavité. La cavité β de A′ est la portion du volume de l'homoïde B contenue dans la cavité de A; la cavité α de B′ est la portion du volume de A contenue dans la cavité de B.

(1) F. Vasilesco et R. Wavre, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 2282, et R. Wavre, *Comptes rendus des séances Soc. Ph. et Hist. Nat. de Genève*, 49, 1932, n° 3, p. 231.

(2) P. Dive, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 597.

Or il est facile de transformer A′ et B′ en deux nouveaux corps $\mathcal{A}$ et $\mathcal{B}$ dont les volumes soient simplement connexes. Il suffit pour cela de retrancher à A′ et B′ un même fragment de l'anneau Γ commun aux deux homoïdes. Les deux cavités α et β deviennent ainsi connexes de l'espace extérieur, de telle sorte qu'il n'est pas possible de tracer à l'intérieur des nouveaux corps obtenus $\mathcal{A}$ et $\mathcal{B}$ une surface fermée qui ne puisse être réduite à un point d'une façon continue.

A′ et B′ produisaient le même potentiel dans la lentille commune R; il en est donc de même des corps $\mathcal{A}$ et $\mathcal{B}$ que l'on a déduits des premiers par l'ablation d'un même fragment de matière.

Il existe donc des répartitions de masse SIMPLEMENT CONNEXES *différentes qui produisent le même champ d'attraction newtonienne dans une région intérieure commune.*

Remarque. — Dans le cas particulier où les homoïdes A et B sont des couches sphériques identiques dont la distance des centres est égale à leur épaisseur commune, les régions C_A et C_B sont nulles et chacun des deux corps équipotentiants $\mathcal{A}$ et $\mathcal{B}$ se réduit à une simple sphère dans laquelle on a pratiqué une excavation convenable.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur la capture des comètes par le système solaire.* Note de M. **Jean Chazy**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Schwarzschild a démontré [1] une proposition qui peut être mise sous la forme suivante : *Si les forces se réduisent aux attractions newtoniennes entre points matériels, et si le mouvement ne comporte pas de choc, le système solaire, supposé réduit à deux points représentant le Soleil et Jupiter, ne saurait capturer une comète que temporairement.*

Comme Schwarzschild l'a annoncé, cette proposition est susceptible de différentes extensions, dans des hypothèses où l'on peut chercher à se rapprocher des conditions du mouvement réel des comètes. J'ai démontré [2] d'abord que la proposition reste valable si le troisième corps, qui arrive de l'infini au voisinage du Soleil et de Jupiter, est non plus une comète, c'est-à-dire un corps de masse nulle, mais un corps de masse quelconque.

---

(1) *Astronomische Nachrichten*, **141**, 1896, p. 7.
(2) *Comptes rendus*, **179**, 1924, p. 1309.

Dans le cas du problème des n corps on peut énoncer la proposition simple suivante : *Si les distances mutuelles des n corps restent supérieures à une longueur fixe, et si les distances mutuelles de $n-1$ d'entre eux, formant un système Σ, restent inférieures aussi à une longueur fixe, ce système ne saurait capturer le $n^{ième}$ corps, comète ou corps de masse quelconque, supposé parti de l'infini avec une vitesse dirigée vers le système Σ, que temporairement.*

Bien entendu, pour augmenter l'intérêt pratique de telles propositions, il faudrait mieux connaître les conditions d'un choc ou d'une approche de deux corps ou de plusieurs corps dans le problème des n corps. Resterait-il légitime, même pour un laps de temps indéfini, de réduire les actions mutuelles du Soleil, des planètes, de la Lune à des attractions newtoniennes entre points matériels, si les distances de ces astres conservaient chacune l'ordre de grandeur actuel? La question est douteuse. Mais la même réduction ne pourrait évidemment rester valable, indépendamment des modifications des conditions de la vie sur la Terre, si certaines des distances mutuelles des astres du système solaire subissaient une diminution notable.

ASTRONOMIE STELLAIRE. — *Sur les constantes du mouvement des étoiles G, K et M.* Note de M[lles] **Renée Canavaggia** et **Marie-Louise Fribourg**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Nous avons étudié les mouvements spatiaux des étoiles géantes de type avancé et particulièrement les variations de la vitesse d'ensemble de ces astres, dans le plan galactique, par la méthode proposée par M. Henri Mineur (¹).

Dans ce but, nous avons calculé les coordonnées galactiques x, y, z et les projections X, Y, Z de la vitesse des étoiles pour lesquelles ces calculs étaient possibles; ce travail se poursuit du reste à mesure que les publications nouvelles apportent des renseignements supplémentaires.

Nous avons jugé le moment venu de procéder à une étude préliminaire de la vitesse moyenne X, Y des étoiles situées en un point x, y du plan galactique, en utilisant la méthode des moindres carrés et en représentant,

(¹) *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 222, et *Bull. astron.*, **7**, 1932, p. 383.

en première approximation, X et Y par des fonctions linéaires de x, y,

$$X = a_0 + a_1 x + a_2 y,$$
$$Y = b_0 + b_1 x + b_2 y.$$

Voici les résultats obtenus (x, y en parsecs et X, Y en km/sec) :

Type spectral.	Nombre d'étoiles.	a_0.	$10^2 a_1$.	$10^2 a_2$.	b_0.	$10^2 b_1$.	$10^2 b_2$.
G_0-G_4	80	$-9,8 \pm 2,0$	$-2,3 \pm 2,1$	$+3,6 \pm 2,5$	$-2,8 \pm 1,3$	$+1,1 \pm 1,4$	$+0,6 \pm 1,6$
G_5-G_9	221	$-8,2 \pm 1,0$	$+1,2 \pm 1,4$	$-1,5 \pm 1,6$	$-4,1 \pm 0,7$	$+2,1 \pm 1,0$	$-3,9 \pm 1,2$
K_0-K_4	748	$-11,7 \pm 0,5$	$+2,1 \pm 0,8$	$0 \pm 0,7$	$-7,2 \pm 0,2$	$-0,6 \pm 0,4$	$-1,2 \pm 0,3$
K_5-K_9	128	$-14,0 \pm 1,5$	$-1,3 \pm 2,5$	$+5,9 \pm 2,4$	$-9,1 \pm 1,0$	$+0,1 \pm 1,5$	$-1,5 \pm 1,5$
M	247	$-14,5 \pm 0,8$	$+0,5 \pm 0,9$	$-0,3 \pm 1,0$	$-9,6 \pm 0,8$	$+1,0 \pm 0,9$	$-0,5 \pm 1,0$
Ensemble..	1524	$-11,9 \pm 0,4$	$+1,0 \pm 0,5$	$+0,2 \pm 0,5$	$-7,1 \pm 0,2$	$0 \pm 0,3$	$-1,2 \pm 0,3$

D'après ce tableau, on voit que ces étoiles présentent nettement le courant asymétrique de Strömberg, résultat favorable à l'hypothèse galactique simple.

On peut calculer les constantes classiques de Oort d'après les coefficients a_1, a_2, b_1 et b_2, sans donner les résultats partiels; voici le résultat relatif à l'ensemble des étoiles étudiées :

$$l_0 = 319°,4, \qquad 10^2 A = +1,1 \pm 0,7, \qquad 10^2 B = -0,7 \pm 0,3,$$

A et B sont exprimés en km/sec^{-1} : parsec^{-1}.

MAGNÉTISME. — *Calcul de la susceptibilité du nickel au voisinage du point de Curie.* Note (¹) de M. L. Néel, transmise par M. Pierre Weiss.

Heisenberg a interprété le champ moléculaire de la théorie du ferromagnétisme de Weiss au moyen des actions d'échange entre atomes. Ces actions mutuelles décroissent rapidement avec la distance et les actions entre porteurs de moment voisins jouent un rôle prépondérant. Pour conserver le langage de la théorie de Weiss, tout en interprétant, en particulier, la région critique du point de Curie, il faut introduire l'hypothèse des fluctuations du champ moléculaire.

J'ai déjà montré que les courbes d'aimantation calculées dans cette hypothèse étaient analogues aux courbes expérimentales (²), mais la complica-

(¹) Séance du 13 novembre 1933.
(²) *Ann. de Physique*, 17, 1932, p. 5.

tion des calculs ne permettait pas de comparaisons numériques. Je vais montrer qu'un artifice de calcul simple permet de résoudre le problème d'une façon satisfaisante. J'étudierai, d'abord, les lois d'aimantation d'un groupe de N porteurs, où chaque porteur ne peut occuper que deux positions : parallèle au champ magnétique et antiparallèle. Ce modèle semiclassique ne s'applique qu'à des porteurs identiques au spin de l'électron, à condition d'appliquer certaines corrections de mécanique quantique dont je tiendrai compte ultérieurement et qui ne sont importantes qu'au voisinage de la saturation.

Je supposerai qu'il existe entre porteurs une énergie potentielle qui ne dépend que de leur orientation relative. En outre, dans la somme d'état, je prendrai comme énergie d'une complexion donnée de résultante magnétique $\vec{M}$, l'énergie moyenne de toutes les complexions de résultante $\vec{M}$. A la suite de cette simplification, l'influence des fluctuations disparaît complètement si l'on fait tendre N vers l'infini. Il est plus correct de garder à N une valeur finie, ce qui revient à remplacer les fluctuations qui, dans un groupe infini de porteurs, proviennent du nombre fini des porteurs couplés à un porteur donné, par d'autres fluctuations, analogues dans leurs effets, mais dues cette fois au nombre fini des porteurs sur lesquels porte la statistique. Les énergies potentielles introduites traduisent les actions entre porteurs voisins; elles s'expriment dans le calcul au moyen du coefficient n_1, du champ moléculaire équivalent sans fluctuations et au moyen du coefficient de fluctuation N.

Pour $N = \infty$, on a simplement un champ moléculaire de Weiss; les fluctuations sont d'autant plus accusées que N est plus petit. J'introduis, en outre, un coefficient n_2 relatif au champ moléculaire entre atomes éloignés, aux fluctuations négligeables. Finalement, deux catégories de paramètres s'introduisent dans les calculs : les uns relatifs au moment des porteurs et à leur nombre : μ et σ_0 aimantation à saturation par gramme; les autres relatifs au champ moléculaire n_1, n_2 et N. L'étude de la susceptibilité initiale du nickel dans l'état paramagnétique permet de déterminer $\sigma_0\,\mu$, n_1, n_2 et N. La courbe calculée s'accorde bien avec la courbe expérimentale de Weiss et Forrer [1], comme en témoigne le tableau, dans un intervalle où la susceptibilité varie dans le rapport de 1 à 265.

(1) *Ann. de Physique*, 5, 1926, p. 153.

T° K.	$\frac{1}{\chi}$ calc.	$\frac{1}{\chi}$ obs.	T° K.	$\frac{1}{\chi}$ calc.	$\frac{1}{\chi}$ obs.
919°,5	49900	50208	667°,0	4586	4572
858,2	38530	38763	656,79	3129	3134
804,6	28620	28883	650,15	2260	2273
757,23	19990	19963	643,65	1475	1491
715,17	12290	12423	640,45	1114	1132
695,84	9184	9115	637,28	783	789
677,53	6197	6172	634,14	474	468

Les valeurs déterminées des paramètres sont les suivantes :

$$\sigma_0\mu = 4,46 \times 10^5, \qquad n_1 = 120000, \qquad n_2 = 2400, \qquad N = 750.$$

Le champ moléculaire à longue distance est 50 fois plus faible que le champ moléculaire à courte distance; c'est raisonnable.

Tel quel, ce modèle ne saurait cependant suffire à interpréter les propriétés magnétiques du nickel. En effet, à basse température $\sigma_0 = 57,5$, et comme μ est égal à un magnéton de Bohr, $\sigma_0\mu$ ainsi calculé ne coïncide pas avec la valeur donnée par le paramagnétisme. Cela signifie, peut-être, que les porteurs ne sont pas dans l'état S, mais comme les calculs de fluctuations sont alors presque impossibles, je supposerai plutôt que le nombre des groupes de porteurs, au lieu d'être fixe, est variable avec l'aimantation. L'expérience montre que cette hypothèse fournit des résultats cohérents. D'une part, au-dessus du point de Curie, on représente ainsi quantitativement la variation de la susceptibilité avec le champ magnétique. D'autre part, le calcul de la chaleur spécifique du modèle fournit au point de Curie une discontinuité qui, comparée à la valeur expérimentale, montre que le nombre des porteurs qui s'orientent, dans l'état ferromagnétique, est égal à 0,54 par atome. La valeur calculée d'après la saturation est égale à 0,61. La différence entre ces deux nombres est de l'ordre des incertitudes expérimentales.

SPECTROSCOPIE. — *Sur l'absorption de la vapeur de I_2 en présence des gaz étrangers.* Note de M. **Ion I. Agarbiceanu**, présentée par M. A. Cotton.

Dans une Note précédente ([1]), nous avons indiqué qu'un changement intervient dans l'absorption de la lumière par la vapeur de I_2 si aux molécules de celle-ci sont mélangées des molécules étrangères. Nous avons pensé que l'accroissement d'absorption qui s'ensuit pourrait faire apparaître des bandes d'absorption dont la faible intensité les rendraient, dans les conditions habituelles, inobservables. A cet effet, nous nous sommes servi d'un spectrographe à réseau du Laboratoire du Grand Électro-Aimant de Bellevue et nous avons examiné le spectre d'absorption de I_2 entre $\lambda = 4000$ et $\lambda = 6700$. Les ballons à I_2 renfermaient de l'oxygène ou de l'azote sous des pressions allant de 1^{mm} de mercure à la pression atmosphérique. Dans ces conditions les résultats sont les suivants :

1° Les bandes d'absorption existantes sont renforcées mais il n'en apparaît pas de nouvelles; 2° l'augmentation de l'absorption a lieu dans toutes les progressions v' mais c'est la progression avec $v'' = 0$ qui semble la plus affectée; 3° l'augmentation de l'absorption croît avec v' et ne paraît pas avoir atteint le maximum pour $v' = 25$ ([2]); 4° dans la mesure où nous avons pu suivre dans le rouge le spectre d'absorption il semble que cette augmentation commence aux environs de $v' = 6$ ou même plus bas; 5° l'oxygène est légèrement plus actif que l'azote.

Toutes ces conclusions paraissent indiquer clairement une désactivation des molécules excitées de I_2 pendant les chocs avec les molécules étrangères. Cette probabilité de choc est d'autant plus grande que la molécule de I_2 a un diamètre plus grand, donc qu'elle se trouve dans un niveau de vibration plus élevé. La vie moyenne d'une molécule dans un tel niveau diminue; il s'ensuit un élargissement des raies et un accroissement d'absorption. Il est probable que le mécanisme de cette désactivation pendant les chocs est déterminé par les champs électriques intramoléculaires très inhomogènes comme l'a montré J. H. Van Vleck ([3]).

La largeur spectrale des raies d'absorption est une mesure de cette

---

([1]) *Comptes rendus*, **195**, 1932, p. 947, et **196**, 1933, p. 38.

([2]) F. W. Loomis et H. R. Fuller, *Phys. Rev.*, **39**, 1932, p. 180.

([3]) *Phys. Rev.*, **40**, 1932, p. 544.

action. Avec un spectrographe à échelon, nous avons photographié le spectre de fluorescence excité par la raie 5461 d'une lampe à Hg Cooper-Hewitt. Les doublets de rotation d'une même raie sont mis en évidence dans des ordres d'interférences différents. Leur structure semble identique à celle des raies d'absorption correspondantes (sauf pour le membre $+3$), mais leur largeur spectrale est plus grande. Cette remarque semble conduire à la conclusion que la largeur spectrale d'une raie qui relie deux niveaux, dans les mêmes conditions, dépend notamment de la stabilité du niveau initial.

Ces expériences nous ont montré qu'il n'est pas possible de mettre en évidence les bandes d'absorption qui devraient expliquer normalement les raies antistokes du spectre de résonance de I_2.

Si l'on calcule l'expression $I = c\int \varphi'_{v}\varphi''_{v}$ à l'aide de la relation donnée par E. Hutchisson ([1]) et W. G. Brown ([2]), on trouve que la transition $v''=4 \to v'=39$ est beaucoup plus intense que le passage $v'=39 \to v''=0$, qui donne naissance à la raie -4 visible de la série excitée par 5461. On devrait donc observer *a fortiori* la bande $[v''=4\,;\ v'=39]$, ce qui n'est pas le cas.

Pourtant les graphiques des fonctions propres φ' et φ'' nous ont montré la possibilité de certaines grandes valeurs du produit $\varphi'\varphi''$ pour une même séparation nucléaire qui pourraient faciliter l'interprétation des raies antistokes. Il est probable que la relation de Hutchisson n'est pas applicable dans notre cas à cause de la déformation des courbes de potentiel qui ne permet plus, avec les hypothèses initiales sur l'oscillateur harmonique, d'avoir, pour une séparation nucléaire donnée, les vraies valeurs de φ' et φ''.

SPECTROGRAPHIE. — *Spectrographes doués d'astigmatisme pur par l'emploi de lentilles inclinées.* Note de M. **A. Couder**, présentée par M. Ch. Fabry.

Les sources ponctuelles donnent dans les instruments stigmatiques des spectres filiformes, dont l'étude est difficile. On est obligé d'*élargir* l'image que la plaque photographique doit enregistrer, et d'autant plus qu'on

(1) *Phys. Rev.*, 36, 1930, p. 410.
(2) *Zeits. f. Phys.*, 82, 1933, p. 768.

désire éliminer plus parfaitement l'effet de la granulation de l'émulsion. Ce résultat peut être obtenu en donnant à la source ou à la plaque, pendant la durée de la pose, une translation rectiligne parallèle à l'arête du prisme. Un moyen purement optique est dans beaucoup de cas plus commode : on utilise habituellement l'*astigmatisme* produit par une lentille cylindrique. Mais l'adjonction de cette pièce, rarement satisfaisante, peut être évitée si l'on consent à modifier le montage ordinaire du spectrographe.

On considère dans cette Note le cas où l'astigmatisme est produit par l'*inclinaison des lentilles* qui entrent dans la construction de l'instrument, par rotation autour d'un axe parallèle aux arêtes du prisme, à l'exclusion de celui qu'on pourrait obtenir en donnant aux surfaces du prisme une légère courbure, ou, ce qui revient au même, en donnant une faible convergence aux faisceaux qui traversent un prisme à faces planes. L'inclinaison des lentilles offre l'avantage de donner aisément un astigmatisme pur : il suffit qu'elles satisfassent à la condition des sinus.

Disposition générale. — Hormis le cas d'une simple chambre à prisme objectif, un spectrographe comporte plusieurs systèmes de lentilles dont les longueurs focales sont f_j, et dont les axes font les angles i_j avec le rayon principal du faisceau. Ce sont, outre l'objectif de chambre, les deux éléments du système télescopique qu'on adjoint souvent à une chambre à prisme comme collecteur de lumière, ou bien l'objectif du collimateur d'un spectrographe à fente. L'objectif de chambre a pour longueur focale f_k; son axe fait l'angle i_k avec le rayon principal du faisceau correspondant à la radiation médiane du spectre étudié; pour une radiation quelconque l'angle vaut $i_k + \alpha$.

Dans le cas où tous les systèmes inclinés sont des objectifs minces, achromatiques et aplanétiques, la longueur h de la focale tangentielle, rapportée à la hauteur H du faisceau qui éclaire les prismes, s'exprime en première approximation par la relation

$$\frac{h}{\mathrm{H}} = \sum_1^k i_j^2 \frac{f_k}{f_j} + 2 i_k \alpha + \alpha^2.$$

On voit que la hauteur du spectre, considérée comme une fonction de la dispersion spectrale α, comporte un terme constant et un terme linéaire dont les coefficients sont variables au gré de l'observateur. Il suffit de faire pivoter les lentilles sur les tourillons dont on a muni leurs barillets, puis de régler les tirages. L'inclinaison des lentilles précédant le prisme produit un astigmatisme pratiquement indépendant de la longueur d'onde ; celle de

l'objectif de chambre permet au contraire de faire varier dans de larges limites la hauteur relative des deux extrémités du spectre : on peut obtenir que sa largeur ait une valeur donnée, et soit stationnaire dans une région arbitrairement choisie.

Lorsque la section des faisceaux est limitée par une ouverture rectangulaire, l'éclairement du spectre est uniforme dans sa hauteur, du moins lorsque la transparence des lentilles et du prisme n'est pas altérée par des défauts locaux.

Aberrations résiduelles. — La *courbure du champ* spectral n'est pas modifiée en première approximation.

Si le tirage du collimateur ou du collecteur télescopique est réglé de telle sorte que la nappe principale contenue dans le plan d'incidence soit composée de rayons parallèles, le prisme n'introduit pas de *coma*. Reste l'effet de la convergence de la nappe perpendiculaire au plan d'incidence; elle produit une abservation analogue à celle qu'on observe dans les spectrographes ordinaires lorsque la fente est trop longue (*gouttière*) : cet effet vient limiter la hauteur qu'on peut donner au spectre en inclinant les lentilles qui précèdent le prisme.

Applications. — Le principe indiqué ici a été mis en œuvre, dans une chambre à prisme pour l'ultraviolet construite par M. D. Chalonge. L'usage de cet instrument lui a fait trouver un intérêt pratique notable à donner au spectre une hauteur non uniforme, de manière à égaliser aproximativement le noircissement photographique dans une région étendue : l'exploration au microphotomètre des détails de structure est facilitée.

A la demande de M. J. Dufay, j'ai calculé un spectrographe sans fente dont le collecteur télescopique consiste en un miroir concave parabolique associé à une lentille divergente. Le miroir ne satisfaisant pas à la condition des sinus, on ne peut incliner que les lentilles. D'autre part, comme la divergente (en quartz) est simple, le parallélisme des rayons de la nappe perpendiculaire aux arêtes des prismes n'est réalisé que pour une seule radiation; de ce fait, la valeur de l'astigmatisme dans l'étendue du spectre s'écarte un peu de la loi énoncée plus haut.

OPTIQUE APPLIQUÉE. — *Étude photométrique des irrégularités de densité des plaques photographiques*. Note de M. **Pierre Bricout**, présentée par M. Fabry.

Lorsque deux régions exactement juxtaposées d'une plaque photographique sont soumises simultanément à des éclairements différents, le négatif obtenu par développement ne présente pas deux plages de densité constante aussi nettement délimitées que les zones d'éclairement uniforme. On observe en réalité :

1° Deux régions de densité *moyenne* assez bien définie, mais présentant des irrégularités locales d'autant plus importantes que la surface étudiée est plus petite;

2° Une zone de transition de dimensions appréciables, dans laquelle les propriétés de la couche développée varient assez progressivement.

Les irrégularités de densité qui se produisent dans les régions soumises à un éclairement uniforme manifestent les imperfections de la plaque dans la reproduction des teintes plates ; elles limitent ses applications à la microphotométrie photographique. L'existence d'une zone de transition qui, en atténuant les contrastes, rend confuse la reproduction des fins détails, limite le pouvoir séparateur de l'émulsion.

Ces défauts sont produits par deux causes principales dont l'action est toujours concomitante :

1° La structure granulaire de l'argent réduit par le révélateur sous forme de particules dont les dimensions, la forme et la répartition sont irrégulières;

2° Les propriétés optiques de la couche vierge ou développée, qui constitue un milieu trouble donnant lieu à des phénomènes de réflexion, de réfraction, de diffraction et de diffusion modifiant tant le faisceau lumineux qui impressionne la plaque que celui qui sert à l'examen du négatif.

Je me suis proposé d'étudier en premier lieu les irrégularités de densité dans les régions uniformément éclairées, en me rapprochant le plus possible des conditions normales d'emploi des plaques et en fixant avec précision les paramètres expérimentaux.

Le principe de la méthode consiste dans la comparaison photométrique des densités à l'intérieur de deux plages circulaires concentriques de diamètres très différents. Si l'on choisit la plus grande plage de manière que,

par suite des compensations statistiques, sa densité reste sensiblement constante en tout point de la plaque étudiée, on peut la prendre comme surface de référence et étudier par rapport à elle les variations de densité de la petite plage. Ainsi se trouvent éliminés les effets des variations de l'éclairage.

Le dispositif expérimental est le suivant. Un microscope de moyenne puissance vise la surface de la plaque étudiée, qui peut être déplacée à volonté dans le plan de mise au point. Celle-ci est faite de manière que l'oculaire du microscope donne du grain de la plaque une image réelle agrandie environ 150 fois et située à une quinzaine de centimètres au-dessus du cercle oculaire. Le faisceau émergent est divisé en deux parties par un cube dont un plan diagonal est semi-argenté. L'un des faisceaux partiels tombe sur une face d'un cube de Lummer après avoir traversé un coin photométrique, l'autre faisceau limité par un diaphragme réglable dont l'ouverture, placée dans le plan image, est peu supérieure aux dimensions du grain grossi, tombe sur la face symétrique du cube. Un viseur formant l'image des grains sur la pupille de l'œil permet d'observer commodément les plages photométriques.

Si l'on déplace la plaque dans le plan objet, l'image des particules d'argent réduit défile dans le plan du diaphragme. Comme la surface de celui-ci est trop petite pour que la compensation statistique des irrégularités granulaires puisse avoir lieu comme dans l'autre faisceau, on observe des variations de densité, que l'on peut mesurer à l'aide du coin photométrique. En répétant un certain nombre de mesures, on peut déterminer l'écart moyen apparent de densité ε_a correspondant à un cercle de diamètre donné (10 microns par exemple) pris sur la surface de la plage. L'étude des écarts individuels montre que ceux-ci obéissent exactement à la loi de Gauss.

Comme les erreurs photométriques dues à l'observateur suivent également cette loi et donnent lieu à une erreur moyenne ε_0, on peut déterminer l'écart moyen dû à la granulation ε_g par la formule classique

$$\varepsilon_g = \sqrt{\varepsilon_a^2 - \varepsilon_0^2}.$$

Cette grandeur dépend de la nature de l'émulsion, de la densité de la plaque et du mode de développement. Elle donne une idée exacte de la finesse de grain pratique de la couche développée; sa valeur pour un cercle du diamètre indiqué plus haut est de l'ordre de quelques centièmes. On élimine toute incertitude en choisissant le grossissement du microscope de

manière que sa latitude de mise au point soit au moins égale à l'épaisseur utile de la couche et en fixant l'ouverture numérique de son objectif. Les phénomènes de diffraction jouent en effet un rôle important dans l'observation de grains dont les dimensions sont voisines du micron; ils tendent à atténuer les contrastes et à donner à la couche une trop grande régularité apparente.

Le calcul des probabilités permet de déterminer la fluctuation relative moyenne du nombre de grains contenus dans un cercle de diamètre donné lorsqu'on fait l'hypothèse que ceux-ci sont indépendants. On peut en déduire que, dans les conditions expérimentales, l'écart moyen de densité ε_g doit varier en raison inverse du diamètre d du cercle explorateur.

Les mesures montrent que ε_g varie à peu près comme $1/d^{0,8}$. Cette réduction de la dispersion peut être attribuée soit aux phénomènes de diffraction dans le dispositif photométrique qui augmentent lorsqu'on diminue le diamètre du diaphragme, soit à une interaction des grains tendant à régulariser leur répartition. La discrimination du rôle effectif de ces deux phénomènes est difficile par suite de la complexité des effets de la diffraction produite par les grains dont la forme est extrêmement irrégulière.

RAYONNEMENT. — *Sur la technique de la mesure du rayonnement thermique de la peau.* Note de M. **Jean Saidman**, présentée par M. Ch. Fabry.

La mesure du rayonnemement thermique de la peau trouverait de nombreuses applications en médecine, si l'on pouvait la faire avec un appareillage robuste, transportable au lit du malade et muni d'un étalon commode. Jusqu'à présent, les piles thermoélectriques, généralement employées pour cette mesure avec des galvanomètres sensibles, étaient réservées à des laboratoires.

Les chiffres observés, assez souvent entachés de causes d'erreur du fait des courants de convection (même lorsque le récepteur est entouré d'une enceinte qui s'applique au contact de la peau, nous avons constaté des différences de 30 à 80 pour 100, s'ajoutant au rayonnement), ne permettaient pas de conclusions pratiques.

Choix d'une fenêtre pour la pile. — Pour éviter cette cause d'erreur, il faut adapter à la pile un écran aussi transparent que possible au rayonne-

ment de la peau. Celui-ci, calculé d'après la courbe de l'énergie du corps noir à 37°, se répartit de la façon suivante :

λ(μ)	3,7	6,5	9,3	12,1	14	15	16,7	18,6	20	28	46,5
Énergie relative.........	5,6	70	100	86	71	64	51	40	34	14	2,6

Pour les petits appareils, nous employons le sel gemme en plaques de 5^{mm} d'épaisseur, à travers lesquelles on décèle 64 pour 100 du rayonnement de la main à 33°. Pour les piles de grandes dimensions, nous adoptons la cellophane en feuilles très minces (18^{μ}), qui transmettent dans les mêmes conditions 51 pour 100 de l'énergie.

Description de la pile. — Celle-ci consiste en 12 à 15 éléments de constantan soudé à un alliage nickel-chrome, en lames épaisses de 0,02 à $0^{mm},05$, amincies au voisinage de la soudure. Malgré l'absorption par la fenêtre, le courant produit par la pile à une distance de 5 à 8^{cm} de la peau est suffisant pour que la mesure soit faite avec un simple millivoltmètre que l'on peut transporter aisément.

Les soudures froides ont été modifiées de façon que l'on puisse mesurer leur température qui ne doit pas subir de modifications importantes au cours des mesures. Dans ce but, l'une des piles possède des supports de soudures froides qui plongent dans une enceinte remplie d'un liquide isolant. La température de cette enceinte peut être fixée à 0° avec de la glace fondante contenue dans une cuvette intérieure. Un thermomètre et un agitateur complètent le dispositif.

Un autre type de pile, plus simple, comporte des masses métalliques volumineuses connectées aux soudures froides qu'elles entourent complètement et percées, par ailleurs, d'une gouttière dans leur masse pour contenir le réservoir du thermomètre.

Comparaisons des mesures avec un corps noir étalon. — Pour que les mesures soient comparables, malgré les différences de température du milieu ambiant, nous substituons de temps en temps à la peau un radiateur étalon, constitué par une enceinte métallique à paroi mince, noircie à l'extérieur, et remplie d'une masse importante d'eau. On cherche quelle est la température du radiateur témoin susceptible de donner le même rayonnement thermique que la surface de la peau examinée.

On peut en déduire la température équivalente de la peau qui rayonne également comme un corps noir. Cette opinion, généralement admise par les physiciens, ne semble pas avoir été démontrée, car il est extrêmement difficile de connaître, par simple contact, la température de la peau. Le

dispositif de Benedict paraît être le meilleur pour ces mesures, mais une incertitude persiste, car la couche cornée (avec laquelle il est en contact) est une couche morte, pouvant en raison de sa minceur (10 à 30$^{\mu}$) laisser passer jusqu'à 40 pour 100 du rayonnement des couches sous-jacentes vivantes qui sont de plus en plus chaudes.

Toutefois, l'expérience suivante indique que le rayonnement total de la peau est bien celui du corps noir. On plonge une partie du corps dans un bain dont la température dépasse celui de l'organisme (par exemple, 39°,3), afin d'éviter l'erreur provenant de l'échauffement profond. On mesure son rayonnement, aussitôt après l'avoir sortie du bain et essuyée sommairement. Le chiffre obtenu est le même que celui d'un corps noir contenant de l'eau à la même température. Par ailleurs, le taux de transmission que nous avons indiqué pour le sel gemme confirme que la distribution de l'énergie dans le spectre d'émission de la peau est la même que celle du corps noir de température équivalente.

Applications pratiques. — La mesure de la température cutanée par le rayonnement paraît plus intéressante que la mesure par contact. Elle est la seule possible, lorsque l'on doit éviter le contact avec la surface explorée, comme par exemple pour les plaies opératoires. Elle permettra au chirurgien de suivre à distance et de déceler sans toucher au pansement, le début d'une infection se traduisant par une élévation de la température locale.

La comparaison du rayonnement de deux points symétriques est très utile pour déceler des troubles circulatoires ou nerveux unilatéraux : l'écart est d'autant plus élevé que l'on s'approche des extrémités. L'exploration de la pathologie des membres sera facilitée par la mesure du rayonnement.

Le dispositif décrit permet d'explorer le rayonnement d'une surface étendue, c'est-à-dire de calculer des températures moyennes, pour une région, un membre ou toute la surface du corps. Les différences individuelles sont considérables et nullement en rapport avec la température interne (rectale). L'étude de ces moyennes, notamment dans leurs rapports avec les combustions organiques, véritable « métabolisme du rayonnement », sera l'objet d'une publication ultérieure.

PHYSIQUE INDUSTRIELLE. — *Ailettes rectilignes à flux calorifique uniforme.* Note (¹) de M. **Véron**, présentée par M. L. Guillet.

Dans toutes les applications où les considérations de poids priment celles de prix (chaudières marines, moteurs d'aviation refroidis par l'air), il est rationnel de donner à l'ailette une forme telle que la chaleur qui traverse son embase soit maxima pour un volume donné de métal.

M. Schmidt, de Dantzig, a montré que l'ailette qui répond à cette condition doit avoir un profil symétrique, et tel que le flux de chaleur φ_1 par unité de section parallèle à la base soit uniforme sur toute sa hauteur. Les sections droites sont alors des surfaces isothermes, dont les températures θ sont liées à la cote y au-dessus de l'embase, ainsi qu'à la conductibilité λ du métal et au flux de chaleur φ_1, par une relation évidente qui s'écrit (si $T > \theta_0$) :

$$\varphi_1 = \lambda \frac{\theta - \theta_0}{y}, \quad \text{d'où :} \quad \theta = \theta_0 + \frac{\varphi_1}{\lambda} y, \quad \text{et} \quad \theta_h = \theta_0 + \frac{\varphi_1}{\lambda} h \text{ au sommet.}$$

Pour h et λ donnés, le maximum de φ_1 répond au maximum de θ_h; et le maximum de θ_h pour toutes les ailettes est T. Si $T < \theta_0$, le maximum de φ_1 répond au minimum de θ_h, c'est-à-dire encore à T. Donc le flux maximum est toujours, au signe près :

$$\Phi_1 = \lambda / h (T - \theta_0).$$

Il est intéressant de rechercher le profil exact des ailettes à flux φ_1 constant, et en particulier celui de l'ailette engendrant le flux $\Phi_1(h)$ maximum.

Écrivons qu'en régime l'accroissement de la chaleur qui passe d'une face à l'autre d'une tranche transversale $(2x, dy)$, est égal à l'apport de chaleur par convection et rayonnement (coefficient k) sur les deux éléments de surface latérale interceptés ds. On obtient l'équation différentielle :

$$2\varphi_1\, dx = -2k(T - \theta)\, ds = -2k\left(T - \theta_0 - \frac{\varphi_1}{\lambda} y\right)\sqrt{dx^2 + dy^2},$$

qui met en compte le fait que $d(\varphi_1 x)/dy$ est de signe contraire à $T - \theta$.

L'intégration, justiciable de l'analyse élémentaire, donne :

$$(x - K)^2 + (K' - y)^2 = \frac{\lambda^2}{k^2},$$

(¹) Séance du 13 novembre 1933.

avec

$$K = \frac{\lambda}{\varphi_1}\sqrt{\frac{\varphi_1^2}{k^2} - \left(T - \theta_0 - \frac{\varphi_1}{\lambda}h\right)^2 + x_h}, \qquad \text{et} \qquad K' = \frac{\lambda}{\varphi_1}(T - \theta_0).$$

L'ailette à flux constant est donc formée de deux arcs de cercle symétriques, dont les centres ont pour coordonnées $x = \pm K$ et $y = K'$, et dont les rayons sont égaux à λ/k.

Il n'y a qu'une solution pour chaque groupe de valeurs de h et de φ_1 : une valeur de φ_1 entraîne un profil et un seul de hauteur fixée. Pour que cette solution soit réelle, il faut que soient réalisées deux conditions :

1° Le profil doit couper l'embase de l'ailette :

$$K' \leqq R, \qquad \frac{\lambda}{\varphi_1}(T - \theta_0) \leqq \frac{\lambda}{k}, \qquad \varphi_1 \geqq k(T - \theta)_0 = \varphi_0.$$

C'est dire que le flux dans l'ailette doit dépasser le flux à travers l'embase nue, supposée à la température θ_0.

2° Le flux φ_1 doit être inférieur au maximum réalisable ($\theta_h \leqq T$) :

$$\varphi_1 \leqq \Phi_1 = \frac{\lambda}{h}(T - \theta_0).$$

Ces limites ne sont compatibles que si $k \leqq \lambda/h$. Cette condition est toujours satisfaite avec les ailettes métalliques.

Mais il reste que pour être réalisable, le flux φ_1 doit être compris entre les limites indiquées, ce qui exclut en particulier toute ailette comportant un méplat au sommet. En effet, le flux uniforme à considérer est alors le flux qui traverse le méplat et le mur sous-tendu :

$$\varphi_{1h} = \frac{(T - \theta_0)}{\frac{1}{k} + \frac{h}{\lambda}} < \varphi_0 = \frac{T - \theta_0}{\frac{1}{k}}.$$

Il sort donc de la limite inférieure de possibilité de l'ailette.

Ainsi, une ailette à flux constant ne comporte pas de méplat à son sommet; elle est aiguë ($x_h = 0$).

En remplaçant φ_1 par Φ_1 dans l'équation du profil à flux constant, on a :

$$\left(x \pm \frac{\lambda}{k}\right)^2 + (h - y)^2 = \frac{\lambda^2}{k^2}.$$

L'ailette optimorum est donc formée de deux arcs de cercle symétriques accolés tangentiellement à la pointe de l'ailette.

Si sa hauteur (ou son embase) n'est pas fixée, son flux $\Phi_1(h)$ est le plus grand quand elle est aussi courte, donc aussi mince, que possible.

En introduisant dans l'équation différentielle l'hypothèse $ds = dy$, c'est-à-dire en assimilant le flanc de l'ailette à un plan offrant la même distribution de température M. Schmidt avait obtenu comme équation des ailettes à flux constant sans méplat :

$$a = \frac{k}{\lambda}(y^2 - h^2) - \frac{2k}{\varphi_1}(T - \theta_0)(y - h).$$

L'ailette à flux constant lui apparaissait donc comme formée de deux arcs de parabole, accolés tangentiellement pour l'ailette optimorum.

L'existence réelle des ailettes ainsi définies n'était soumise à aucune condition de limite inférieure pour φ_1.

Enfin, si φ_1 n'était pas imposé, il existerait un profil parabolique (fictif) réalisant le flux particulier φ_{1h} du méplat et formant avec lui une ailette à méplat de flux constant. Son demi-angle au sommet, fixé par la condition $ds = dy = \mp dx$ à l'arête, serait évidemment de 45°. Son flux φ_{1h} serait inférieur au flux φ_0 à travers le métal nu, et très inférieur au flux Φ_1 à travers l'ailette optimorum : par exemple, φ_{1h}/Φ_1 est égal à 1/151 pour une convection lente ($k = 10$) sur ailettes courtes ($h = 0,10$) en alpax ($\lambda = 150$).

Son inverse, Φ_1/φ_{1h}, est le rapport, considérable comme on voit, dans lequel on multiplie le flux de chaleur transmis, quand on découpe dans une paroi massive de hauteur h une ailette optimorum de même hauteur.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Système : sulfate de cadmium, acide sulfurique, eau.* Note (¹) de M. **René Arditti**, présentée par M. H. Le Chatelier.

J'ai étudié le système ternaire sulfate de cadmium-acide sulfurique-eau, en mesurant la teneur en sulfate de cadmium dissous et différentes propriétés physiques de solutions à taux d'acide sulfurique croissant.

Pour des taux d'acide nuls, les chiffres que j'ai obtenus concernant la solubilité dans l'eau du sulfate de cadmium, en contradiction complète avec ceux d'Étard (²), concordent parfaitement avec ceux de Mylius et Funk (³).

Les solutions saturées, où les trois composants sont effectivement présents, ont été obtenues soit en versant de l'acide sulfurique dans une solu-

(¹) Séance du 13 novembre 1933.

(²) Etard, *Ann. Chim. Phys.*, 7-2, 1894, p. 552.

(³) Mylius et Funk, *Berichte d. chem. Ges.*, 70, 1897, p. 825.

tion aqueuse saturée de sulfate de cadmium, soit en dissolvant du sulfate de cadmium — anhydre ou hydraté à 8/3 de molécules d'eau de cristallisation — dans des mixtes d'acide sulfurique et d'eau. Les états d'équilibre auxquels je suis parvenu sont indépendants du mode de préparation des solutions. La constance des résultats à une même température, à plusieurs mois d'intervalle, a permis de vérifier l'obtention de l'équilibre.

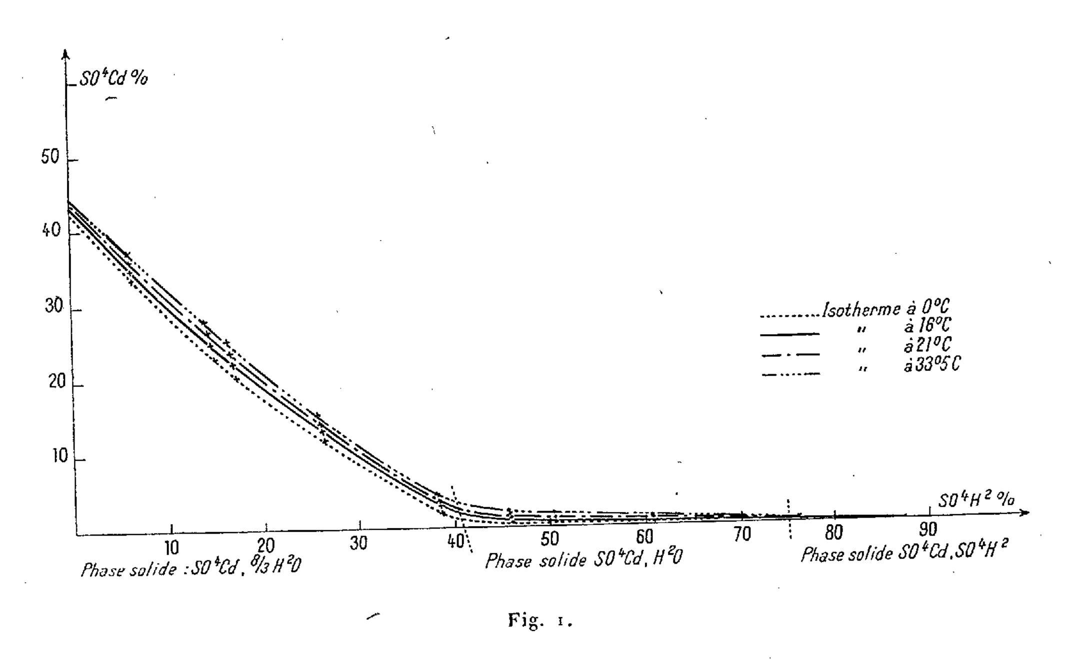


Fig. 1.

Notons toutefois qu'en versant de l'acide dans la solution aqueuse saturée de sulfate de cadmium, le sel qui précipite en premier lieu est toujours de sulfate monohydraté SO^4Cd, H^2O. Ce sel est stable pour des concentrations en acide sulfurique convenables, comprises entre deux limites, variables avec la température. Pour des concentrations en acide inférieures à la plus petite de ces limites, le monohydrate se transforme lentement en $SO^4Cd, 8/3\,H^2O$. Pour des concentrations supérieures à la plus grande de ces limites, le monohydrate se transforme lentement en sulfate acide SO^4Cd, SO^4H^2.

La figure 1 donne les solubilités à 0°, 16°, 21° et 35°,5. On a porté en abscisses la masse en grammes d'acide sulfurique libre, en ordonnées la masse en grammes de sulfate de cadmium, rapportées toutes deux à la même masse de solution (100^g). La teneur en acide sulfurique libre a été déterminée par gravimétrie et par volumétrie; les résultats ont été concordants. Le sulfate de cadmium dissous a été dosé par évaporation et calcination.

La figure 2 rassemble les résultats de mesures physiques effectuées à 21° sur la phase liquide saturée, en équilibre avec la phase solide : densités, indices de réfraction (pour la raie jaune du sodium), viscosités (mesurées à l'appareil Baume), conductibilités électriques (mesurées selon une méthode préconisée par M. Le Chatelier) (¹). Les ordonnées représentent

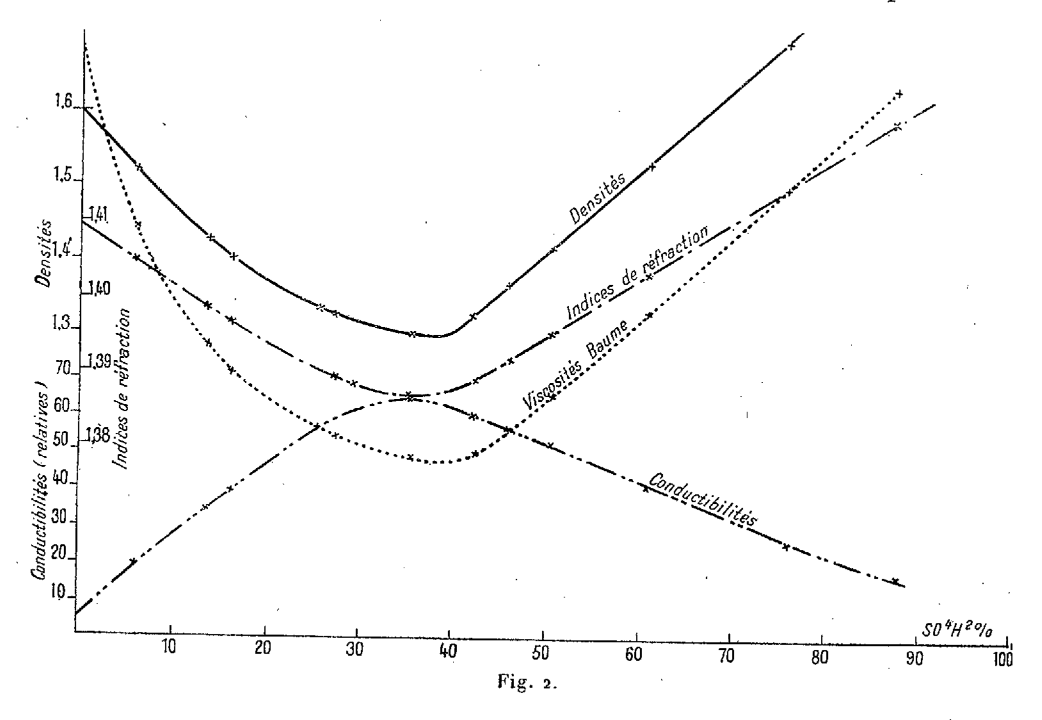


Fig. 2.

les divers chiffres obtenus, les abscisses ayant même signification que dans la figure 1.

Comme on le voit sur le graphique, ces courbes présentent soit un maximum, soit un minimum, parfaitement accusés, pour une abscisse qui est celle du point de transition entre les deux hydrates $SO^4Cd, 8/3\,H^2O$ et SO^4Cd, H^2O. Elles ne présentent par contre aucune particularité à l'abscisse du point de transition entre le monohydrate et le bisulfate de cadmium.

(¹) Dubrisay, *Thèse de Doctorat*, Paris, 1910.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur le potentiel d'oxydo-réduction du système hypoxanthine ⇌ acide urique*. Note de Mlle **Sabine Filitti**, présentée par M. G. Urbain.

On sait que les conditions d'équilibre de l'oxydation de l'acide succinique en acide fumarique ([1]) et de l'acide lactique en acide pyruvique ([2]), ont été déterminées par la méthode électrométrique en présence de catalyseurs diastasiques et de corps électroactifs convenables. J'ai pu de la même manière mesurer le potentiel d'oxydo-réduction du système hypoxanthine ⇌ acide urique :

$$C^5H^4ON^4 + 2H^2O \rightleftharpoons C^5H^4O^3N^4 + 2H^2.$$

L'hypoxanthine en présence de la xanthine-oxydase préparée par la méthode de Dixon et Kodama ([3]) réduit toute la série des indicateurs d'oxydo-réduction y compris le chlorure de diméthyl-γ'-dipyridile de Michaelis ([4]). Ce colorant dont le potentiel normal a comme valeur, à 30°, —0,0440 volt par rapport à l'électrode normale d'hydrogène est le seul qui puisse être utilisé comme corps électroactif. Encore ne peut-il l'être que dans un domaine étroit d'activité des ions H^+ correspondant à pH = 7 environ. En dehors de ces limites, le potentiel normal de cet indicateur s'écarte trop de celui du système hypoxanthine ⇌ acide urique.

J'ai mis en évidence l'équilibre entre l'hypoxanthine et l'acide urique de la manière suivante :

1° J'ai suivi l'évolution du potentiel dans un mélange contenant la déshydrase, le colorant et un mélange équimoléculaire d'hypoxanthine et d'acide urique.

2° J'ai ajouté à un mélange d'hypoxanthine, de diastase et de colorant qui a atteint son équilibre, une quantité déterminée d'acide urique, telle que le rapport hypoxanthine/acide urique soit égal à l'unité.

([1]) J. H. Quastel, *Biochim. Journ.*, 18, 1924, p. 519; T. Thunberg, *Skand. Archiv. Physiol.*, 46, 1925, p. 339.

([2]) R. Wurmser et N. Mayer, *Journ. Chim. phys.*, 30, 1933, p. 249; J. P. Baumberger, J. J. Jürgensen et K. Bardwell, *Jour. of. Gen. Physiol.*, 16, 1933, p. 961

([3]) Dixon et Kodama, *Biochem, Journ.*, 20, 1924, p. 1104.

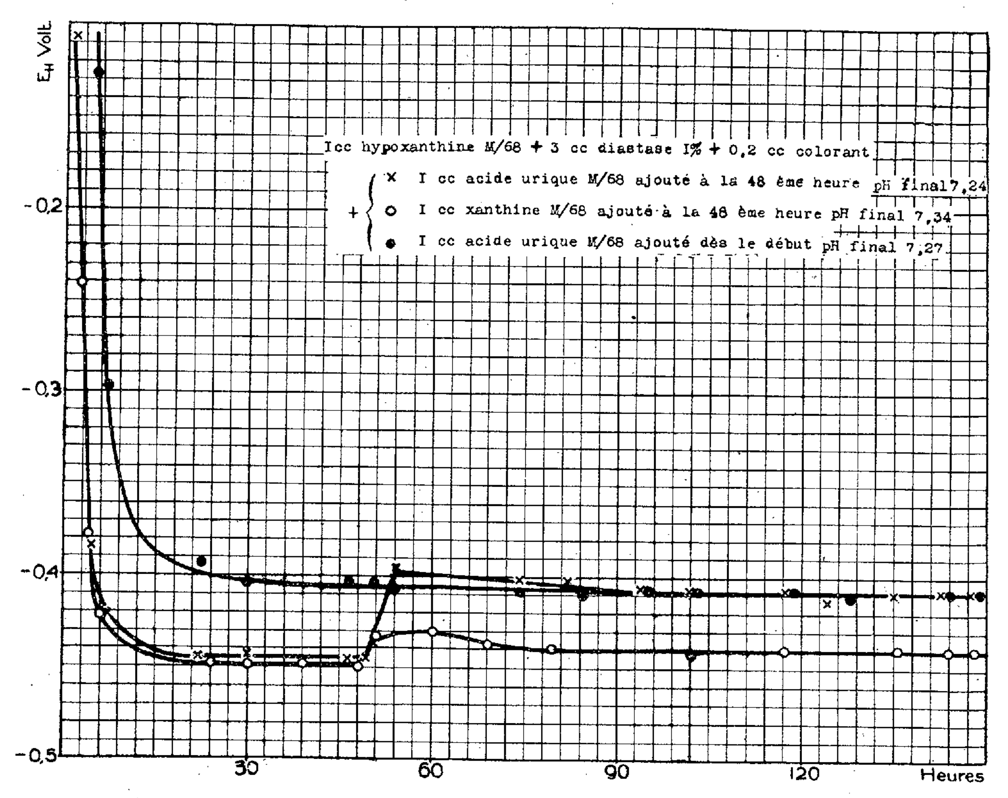
([4]) L. Michaelis, *Biochem. Zeitsch.*, 250, 1932, I-VI, p. 564.

Dans ces deux cas, ainsi que le montre la figure, le potentiel finit par atteindre une même valeur $E_H = -0,410$ volt.

3° Tandis que l'hypoxanthine réduit le chlorure de diméthyl-γγ'-dipyridile, l'acide urique oxyde le leuco-dérivé de ce même colorant.

Les résultats ainsi obtenus permettent de calculer le potentiel normal du système.

Les quatre hydrogènes intervenant dans la réaction sont échangés au



même niveau d'énergie, car l'hypoxanthine réduit des quantités équivalentes de tous les indicateurs jusqu'au chlorure de diméthyl-γγ'-dipyridile. On peut alors, en négligeant la dissociation et les coefficients d'activité de l'hypoxanthine et de l'acide urique, exprimer le potentiel du système par la relation

$$E_H = E_0 - \frac{RT}{4\mathcal{F}} \frac{1}{0,4343} \log \frac{(\text{hypoxanthine})}{(\text{acide urique})} - \frac{RT}{\mathcal{F}} \frac{1}{0,4343} \text{pH},$$

où E_0 est le potentiel normal, et où les termes entre parenthèses réprésentent les concentrations des corps réagissants.

La moyenne de treize déterminations à 38° C. est

$$E_0 = +0{,}031 \text{ volt} \pm 0{,}002,$$

ce qui correspond, pour l'énergie libre de la réaction, à

$$\Delta F = 4\mathcal{F}E_0 = +2861^{\text{cal}} \pm 180^{\text{cal}}.$$

D'après les données de Berthelot la chaleur de réaction à pression constante est

$$\Delta H = -1700^{\text{cal}}.$$

CHIMIE PHYSIQUE. — *Influence de la force des bases sur la formation des complexes aluminotartriques.* Note de M. **Pariselle**, présentée par M. Jean Perrin.

Dans un travail précédent [1], j'ai montré que l'acide tartrique donnait avec les sels d'aluminium et la soude un complexe $C^4H^3O^6(AlO)Na^2$ ou $[2C^4H^6O^6, Al^2O^3]Na^4$ et que cet émétique présentait manifestement une stabilité maximum pour un pH voisin de 10, un excès de soude le détruisant instantanément.

Il n'existe donc pas, pour l'aluminium, de composés stables en milieu fortement basique, analogues à ceux signalés par Grossmann [2] dans le cas de l'antimoine.

Il m'a paru intéressant d'étudier l'influence de la force de la base dans la formation des complexes aluminotartriques.

Tandis que la potasse donne des résultats identiques à ceux obtenus avec la soude, l'ammoniaque, base moins dissociée, se conduit différemment. L'acide aluminotartrique $C^4H^5O^6(AlO)$ se forme encore, comme dans le cas des bases fortes, et donne lieu au même phénomène de mutarotation, mais l'émétique diammonique ne se produit qu'incomplètement et il faut atteindre de fortes concentrations en ammoniaque pour que la solution présente une rotation comparable à celle observée avec les bases fortes; sa zone d'instabilité (pH > 10) n'étant pas atteinte, il n'y a plus de chute brusque de la rotation.

(1) *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 130.
(2) *Z. physik. Chem.*, 57, 1906, p. 533.

Ainsi à une température de 13° et pour une concentration de 2/10000 mol/cm³ en acide tartrique, le pouvoir rotatoire moléculaire [1], pour la raie jaune du mercure, atteint la valeur de 13°,11 lorsque la concentration en ammoniaque est de 24/10000.

En remplaçant, dans les diverses expériences, l'ammoniaque par la *pipéridine*, base de force comparable, on obtient des résultats très voisins.

Le tableau suivant correspond à des mesures effectuées à 12°, avec des solutions renfermant pour un volume total de 40^{cm^3}, 5^{cm^3} de solution monomoléculaire d'acide, 5^{cm^3} de solution demi-moléculaire de sulfate d'aluminium et des doses croissantes de pipéridine :

Solution normale de pipéridine.	Pouvoir rotatoire moléculaire instantané.	Pouvoir rotatoire après mutarotation.
	°	°
0	2,48	
15	9,40 (max.)	4,10
20	4,50 (min.)	7,50
25	12,90	–
30	13,40	–

J'ai enfin étudié l'action des bases pyridiques, beaucoup plus faibles que les précédentes. Là, les phénomènes sont nettement différents, on n'observe pas en particulier la formation du complexe bibasique dont la zone de stabilité ne peut plus être atteinte. Par contre, un nouveau phénomène intervient pour des fortes proportions de bases, la rotation prend des valeurs négatives et ce résultat semble devoir être attribué à ces bases jouant le rôle de solvant ainsi que le montre l'étude polarimétrique des sartiates de pyridine et de quinoléine faite antérieurement [2].

Les résultats suivants sont relatifs à des solutions renfermant, pour un volume total de 40^{cm^3}, 10^{cm^3} d'acide tartrique, 10^{cm^3} de sulfate d'aluminium et un volume croissant d'une solution tétranormale de pyridine.

Pyridine 4 N.	$[\alpha]_M$ à 12° (raie verte).	$[\alpha]_M$ après mutarotation.
	°	
0	2,35	
7,5	6,15 (Max.)	2°,56
20	1,84	croît
20 (pyridine pure)	—3,85	

---

(1) $[\alpha]_n = \alpha v/la$, v étant le volume total de la solution et a le volume de la solution monomoléculaire d'acide tartrique et de la solution demi-moléculaire de sulfate d'aluminium employées.

(2) PARISELLE, *Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 210.

Le pouvoir rotatoire des solutions varie beaucoup avec la température et avec la concentration, surtout pour celle qui correspond au maximum, c'est-à-dire à l'acide aluminotartrique.

Dans le cas de la quinoléine, on observe encore un maximum de 5°,35, correspondant à 3^{mol} de base pour union Al; puis le pouvoir rotatoire décroît très vite et atteint — 6° pour le mélange correspondant à 5^{mol} de quinoléine.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'énergie de dissociation de l'eau par vibrations symétriques et sur les produits de cette dissociation.* Note de M. **Michel Magat**, présentée par M. Jean Perrin.

La détermination très exacte des fréquences de vibration de la molécule H^2O par Mecke et ses collaborateurs ([1]) permet de calculer la chaleur de dissociation de H^2O en 2H et O. Mecke représente les fréquences de vibration par

$$\nu = v_\pi \omega_\sigma + v_\pi \omega_\pi + v_\delta \omega_\delta \quad (\text{cm}^{-1}), \tag{1}$$

où v_σ, v_π, v_δ sont des nombres entiers indiquant l'ordre des harmoniques des fréquences normales ω_σ, ω_π, ω_δ, dont la combinaison produit la fréquence ν. π, σ et δ désignent respectivement les modes de vibration symétriques (↙·↘), antisymétriques (↗·↘) et de déformation (cisaillement) (→·←). D'après Mecke, on aurait

$$\omega_\sigma = 3795 - 39(v_\sigma + v_\pi), \qquad \omega_\pi = 3670 - 70(v_\sigma + v_\pi),$$
$$\omega_\delta = 1615 - 20(v_\sigma + v_\pi + v_\delta).$$

Il nous semble que Mecke fait, sur la liaison d'anharmonicité entre les trois modes de vibration fondamentaux, des hypothèses trop particulières. D'après Born et Brody ([2]), la forme des fréquences *normales* d'un système d'oscillateurs couplés anharmoniques s'écrit

$$\omega_i = \omega_i^0 + a_{ii} v_i + \sum_k a_{ik} v_k \qquad (i,\ k = \sigma,\ \pi,\ \delta) \tag{2}$$

avec $a_{ik} = a_{ki}$.

Il faudrait des circonstances toutes particulières et fort improbables pour que l'on ait $a_{ii} = a_{iu}$.

Nous avons essayé de déterminer les constantes des équations (2) de manière à représenter le plus exactement possible les fréquences ν obser-

([1]) **Mecke**, *Zeits. f. Physik*, **81**, 1933, p. 313; **Baumann** et **Mecke**, *Zeits. f. Physik*, **81**, 1933, p. 445; **Freundenberg** et **Mecke**, *Zeits. f. Physik*, **81**, 1933, p. 465.

([2]) **Born** et **Brody**, *Zeitschrift f. Physik*, **6**, 1921, p. 140.

vées. Les valeurs ainsi calculées sont portées dans la troisième ligne du tableau suivant, dont la première donne les trois nombres entiers v de la formule (1), et la seconde les valeurs observées. La quatrième ligne donne la différence entre les valeurs observées et les valeurs calculées. La cinquième contient les fréquences calculées d'après les formules de Mecke et la sixième leurs écarts avec l'expérience. Nous avons posé

$$\omega_\sigma = 3795 - 40 v_\sigma - 50 v_\pi - 10 v_\delta; \qquad \omega_\pi = 3670 - 71 v_\pi - 50 v_\sigma - 10 v_\delta,$$
$$\omega_\delta = 1615 - 19{,}5 v_\delta - 10 v_\pi - 10 v_\sigma.$$

V_σ, V_π, V_δ.	$\nu_{obs.}$	$\nu_{calc.}$	$\Delta\nu_{calc.-obs.}$	$\nu_{calc.}$ Mecke.	$\Delta\nu_{calc.-obs.}$ Mecke.
0, 0, 1..........	1595,4	1595,5	±0	1595	+0,5
0, 0, 2..........	3152	3151	−1	3150	−2
1, 0, 0..........	3756	3755	−1,3	3756	±0
1, 0, 1..........	5332	5330,5	−1,8	5331	−1
1, 1, 0..........	7253	7254	+1	7247	−6
1, 1, 1..........	8807	8809,5	+2,5	8802	−5
1, 2, 0..........	10613	10612	−1	10598	−15
3, 0, 0..........	11032	11025	−7	11034	+2
1, 2, 1..........	12151	12147	−4	12133	−18
3, 0, 1..........	12565	12560,5	−4,5	12569	+4
1, 3, 0..........	13831	13826	−5	13809	−23
3, 1, 0..........	14319	14324	+5	14307	−12
1, 3, 1..........	15348	15340,5	−7,5	15324	−24
3, 1, 1..........	15833	15839	+6	15822	−11
1, 3, 2..........	16821	16817	−4	16799	−22
1, 4, 0..........	16898	16892	+1	16880	−18
3, 2, 0..........	17465	17493	−2	17445	−50

Ces données permettent de calculer l'énergie de dissociation de H^2O par vibration symétrique, d'après la formule de Birge et Sponer, $D = hc\omega_\pi^0/4x^0$, où $x_0 = a_{\pi\pi}/2\omega_\pi^0$.

On obtient ainsi 269 ± 3 kcal. (La vibration antisymétrique donne naturellement une valeur plus élevée.)

D'autre part on peut calculer indirectement la chaleur de dissociation à l'aide de données thermiques et spectroscopiques :

$$H^2O = H^2 + \tfrac{1}{2}O^2 - 57{,}1\,\text{kcal} \pm 0{,}1,$$
$$H^2 = 2H - 101{,}9\,\text{kcal} \pm 0{,}7 \ (^1),$$
$$\tfrac{1}{2}O^2 = O - 58{,}2\,\text{kcal} \pm 0{,}2 \ (^2).$$

D'où

$$H^2O = 2H + O - 218 \ \text{kcal} \pm 1.$$

Il reste donc entre les valeurs de D un écart de 51 ± 3 kcal. Il se trouve

(1) R. Birge, *Proc. National Acad.*, **14**, 1928, p. 12.

(2) Herzberg, *Zeits. f. Physik. Chemie*, **13**, 1930, p. 189.

que cette différence correspond assez exactement à l'énergie d'activation de l'atome d'oxygène (passage de l'état normal ^3P au premier niveau excité ^1D) :

$$O_{(^3P)} + 45,2\,\text{kcal} = O_{(^1D)} \quad (^1).$$

Ce résultat nous conduit à considérer que le produits primaires de dissociation thermique de H^2O sont non pas les atomes normaux 2H et O, mais que l'oxygène est activé de façon qu'on obtient 2H et $O_{(^1D)}$, ce que vérifie une hypothèse faite par Haber et Bonhoeffer en 1928 ([2]).

Un mécanisme analogue avait été admis par Mecke pour interpréter la décomposition chimique de l'eau par l'ultraviolet extrême ([3]).

La dissociation de $\overset{+}{N}{}^2$ et CN conduit également à des atomes excités ([4]) et ([5]).

Il faut peut-être rapprocher ce mécanisme de dissociation des faits observés par Haber et ses collaborateurs ([6]) : les atomes d'oxygène ne réagissent sur l'oxygène moléculaire que s'ils sont préalablement chauffés à 700°K. environ, température où le nombre d'atomes d'oxygène activés commence à devenir notable.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'ascension capillaire des hydrosols et des solutions de matières colorantes. Influence de la concentration et des électrolytes.* Note ([7]) de MM. **Augustin Boutaric** et **Marius Peyraud**, présentée par M. Matignon.

1. Bien que l'ascension des matières colorantes et des colloïdes dans les subtances poreuses, et notamment dans les bandelettes de papier filtre, ait

---

([1]) Frerichs, *Phys. Rev.*, 36, 1930, p. 39.

([2]) Bonhoeffer et Haber, *Zeits. Physik. Chemie*, A, 137, 1928, p. 263.

([3]) Mecke, *Trans. Faraday Soc.*, 27, 1931, p. 359; Goodeve and Stein, *Trans. Faraday Soc.*, 27, 1931, p. 393.

([4]) G. Hebzberg, *Ann. der Physik*, 86, 1928, p. 189.

([5]) G. Herzberg, *Zeits. f. Physik*, 52, 1929, p. 815.

([6]) Haber, *Naturwissenschaften*, 18, 1930, p. 917; Goldmann, *Zeits. f. Physik, Chemie*, B. 5, 1929, p. 316; Farkas, Haber und Harteck, *Zeits. f. Electrochemie*, 36, 1930, p. 711; Farkas, Goldfinger et Haber, *Naturwissenschaften*, 17, 1929, p. 674.

([7]) Séance du 13 novembre 1933.

déjà fait l'objet d'un nombre considérable de recherches [1], il nous a paru que certains points du phénomène méritaient encore d'être précisés

Nos expériences ont porté sur des hydrosols colloïdaux de synthèse et des solutions de matières colorantes : les unes colloïdales, c'est-à-dire ne dyalisant pas, présentant nettement le phénomène de l'électrophorèse et floculant sous l'influence des électrolytes; les autres semi-colloïdales, c'est-à-dire ne présentant qu'imparfaitement les propriétés précédentes.

Des bandelettes de papier filtre sans cendre (Durieux) étant disposées verticalement de manière que l'extrémité inférieure plonge dans la solution à étudier, le papier se mouille d'abord par l'eau de la solution avec une vitesse qui ne semble pas dépendre de la substance dissoute ; celle-ci s'élève ensuite avec une vitesse moindre.

La vitesse d'ascension dépend beaucoup de l'état hygrométrique de l'atmosphère ambiante ; elle croît rapidement lorsque l'état hygrométrique diminue. Pour obtenir des résultats comparables, il nous a paru nécessaire d'effectuer les mesures dans une atmosphère saturée d'humidité. Dans ces conditions, la vitesse d'ascension, pour une solution donnée, croît rapidement et régulièrement avec la température. Pour des mesures comparatives, il est indispensable d'opérer à une température invariable.

2. En ce qui concerne l'influence qu'exerce la concentration de la solution sur la vitesse de l'ascension capillaire, les résultats obtenus sont nettement différents suivant le signe du granule ou de l'ion colorant.

Pour les substances dont le granule ou l'ion colorant est électronégatif, la vitesse d'ascension est très sensiblement indépendante de la concentration. Pour les substances dont le granule ou l'ion colorant est électropositif, la vitesse d'ascension, très faible pour les solutions les plus diluées, croît au contraire d'une manière sensiblement linéaire avec la concentration.

On a souvent préconisé l'ascension capillaire comme moyen permettant de reconnaître le signe des granules ou des ions colorants. Les résultats que nous venons de signaler montrent que l'emploi d'une telle méthode nécessite quelques précautions. Pour de faibles concentrations de l'ordre de $0^{g},1$ par litre, les matières colorantes électronégatives ont une vitesse

---

(1) Parmi les publications les plus récentes, citons celles de Ph. Lasseur, A. Dupaix-Lasseur et J.-G. Marchal, *Analyse capillaire. Travaux du Laboratoire de Microbiologie de la Faculté de Pharmacie de Nancy*. Fasc. VI, 1933, p. 36.

d'ascension toujours très nettement supérieure à celle des matières colorantes électropositives; mais, sous des concentrations beaucoup plus considérables, de l'ordre de 1 à 2^g par litre, les différences entre les vitesses d'ascension s'atténuent et peuvent même s'inverser.

3. L'addition d'une faible quantité d'électrolyte à un hydrosol ou à la solution d'une matière colorante colloïdale exerce sur la vitesse d'ascension capillaire une influence qui est également différente suivant le signe du granule colloïdal.

Ayant préparé un hydrosol ou une solution de matière colorante d'une concentration de 1^g par litre, nous l'avons dilué à volumes égaux, soit avec de l'eau distillée, soit avec la solution électrolytique dont nous nous proposions d'examiner l'influence. Pour comparer les influences respectives des cations et des anions, nous avons, dans tous les cas, envisagé l'action : 1° d'électrolytes ayant même anion et des cations différents : ClH, $ClNa$, Cl^2Ba, Cl^3Al, Cl^4Th; 2° d'électrolytes ayant même cation et des anions différents : $NaOH$, $NaCl$, Na^2SO^4, Na^3PO^4.

a. Sur les solutions de colloïdes négatifs ou de matières colorantes colloïdales négatives, l'addition d'électrolyte exerce toujours un effet retardateur. Pour un même cation, cet effet ne semble pas dépendre de la nature de l'anion. Pour un même anion, il croît très nettement avec la valence du cation.

b. Sur les solutions de colloïdes positifs ou de matières colorantes colloïdales et semi-colloïdales positives, l'addition d'électrolyte peut entraîner, suivant les cas, une accélération ou un ralentissement de l'ascension.

L'addition de $ClNa$ ne détermine qu'une accélération très faible de la vitesse d'ascension. Celle de ClH, de Cl^2Ba, de Cl^3Al, de Cl^4Th, exerce une influence accélératrice d'autant plus nette que la valence du cation est plus élevée, influence qui croît d'abord avec la concentration de l'électrolyte, passe par un optimum, décroît ensuite et change de sens, la vitessse d'ascension s'annulant lorsque la concentration est suffisante pour provoquer la floculation du colloïde.

L'addition de SO^4Na^2 ou de PO^4Na^3 entraîne, au contraire, dès le début, une diminution de la vitesse d'ascension d'autant plus importante que la valence de l'anion est plus élevée et que la concentration de l'électrolyte est plus forte, l'ascension devenant nulle pour la valeur de cette concentration qui provoque la floculation.

EFFET RAMAN. — *L'effet Raman des solutions de nitrate d'ammonium dans l'acide nitrique.* Note de M. **Louis Médard** et Mlle **Thérèse Petitpas**, présentée par M. Ch. Fabry.

Une solution de 38,7 de nitrate d'ammonium dans 61,3 d'acide nitrique anhydre (qnantités dans le rapport de NO^3NH^4 à $2NO^3H$) a donné le spectre de raies Raman suivant :

Raies Raman.		Raies excitatrices de l'arc à mercure.	Fréquences caractéristiques	
λ en Å dans l'air.	Nombre d'ondes par cm.	Nombre d'ondes par cm.	en cm^{-1}.	Intensité et aspect.
4153,3	24077,2	24712,5	635	Moyenne
4162,6	24023,4	»	688	Moyenne
4169,4	23984,3	»	728	Très faible
4226,6	23659,7	»	1052	Forte, étroite
4261,1	23468,4	24520	1051	Moyenne, étroite
4275,0	23391,8	24712,5	1321	Moyenne
4278,1	23374,9	»	1338	Moyenne
4282,7	22308,0	22944,5	636	Moyenne
4493,2	22255,9	»	689	Moyenne
4501,2	22216,3	»	728	Faible
4547,5	21990,1	»	954	Moyenne
4568,4	21889,5	»	1055	Forte, étroite
4623,9	21626,8	»	1318	Assez forte, large
4627,5	21609,9	»	1335	Assez forte
4703,2	21262,1	»	1682	Moyenne

Des spectres de solutions s'échelonnant depuis NO^3H pur jusqu'à la solution nitrique saturée en NO^3H^4 ont été pris; les raies Raman varient comme suit en fréquence et en intensité :

NO^3NH^4 pour 100 de solution.	9,9.	15,7.	22,7.	38,7.	46.	55.
n_1....	610 (m)	614 (m)	634 (m)	636 (m)	640 (m)	644 (f)
n_2....	660 (aF)	682 (m)	686 (m)	688 (m)	690 (m)	690 (m)
n'_1..	—	—	728 (tf)	728 (f)	728 (f)	728 (m)
n_3....	936 (aF)	940 (m)	945 (m)	954 (m)	957 (m)	956 (f)
$n_4 n'_2$..	1053 (m)	1055 (m)	1055 (aF)	1053 (F)	1053 (TF)	1053 (TF)
n_6....	1305 (TF)	1306 (TF)	1312 (F)	1320 (aF)	1320 (m)	—
n'_3..	—	—	—	1336 (aF)	1332 (aF)	1339 (aF)
n_7....	1540 (f)	—	—	—	—	—
n_8....	1683 (aF)	1685 (aF)	1683 (m)	1682 (m)	1682 (m)	1682 (f)

En outre, nous avons trouvé dans les trois mélanges les plus riches en NO^3NH^4 une bande d'intensité moyenne, de structure paraissant simple, large d'environ 200 cm^{-1}, avec maximum à 3200 cm^{-1}; on l'obtient, bien isolée, en excitant par la lumière de l'arc à Hg filtrée au moyen d'une solution de $CoCl^2$ qui arrête pratiquement le groupe 4358; les clichés montrent deux bandes excitées respectivement par 3650 et 4045 Å; ces excitations sont possibles dans ces trois mélanges qui sont parfaitement incolores; en effet, les traces de produits nitreux jaunes que renferme l'acide sont oxydées en quelques heures par le nitrate d'ammonium.

Nous retrouvons dans les mélanges binaires étudiés les fréquences (n_1, n_2, ..., n_8) trouvées précédemment pour l'acide nitrique seul (1); on peut observer que la dilution de l'acide nitrique par du nitrate d'ammonium produit une augmentation des valeurs de ces fréquences, effet semblable à celui de la dilution par l'eau (1); dans les deux cas les fréquences les plus sensibles à cet effet de dilution sont n_1 et n_3.

Nous retrouvons également dans les mélanges étudiés les trois fréquences Raman (notées plus haut n'_1, n'_2 et n'_3) de l'ion NO^3; elles ont pour valeurs dans le nitrate d'ammonium :

	n'_1.	n'_2.	n'_3.
Dans le nitrate cristallisé (2)......	709	1043	–
Dans la solution aqueuse (2)......	728	1050	1361
Dans la solution nitrique.........	728	1053	1339

La première de ces fréquences caractéristiques a la même valeur pour la solution aqueuse et la solution nitrique, valeur qui diffère nettement de celle qu'on observe dans le nitrate cristallisé anhydre; la valeur 709 est donc caractéristique de l'ion NO^3 étroitement entouré de cations, la valeur 728 se rapporte à l'ion NO^3 partiellement libéré de l'influence des cations, par dissolution du nitrate, que ce soit dans l'eau ou dans l'acide nitrique.

Il y a lieu de remarquer que les raies n_2 et n_6 de l'acide nitrique ne se superposent pas aux raies n'_1 et n'_3 du NO^3NH^4; ces raies n_2 et n_6 ne correspondent donc pas à des fréquences ioniques.

Enfin la bande de 3100 à 3300 cm^{-1} ne peut provenir que de vibrations d'atomes H; comme l'on ne connaît pas de fréquence 3200 pour l'ion NH^4, il est très probable que la bande se rattache aux oscillations de l'atome H de la molécule $O^2N - O - H$.

(1) Médard et Volkringer, *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 833.
(2) D'après Kohlrausch, *Der Smekal-Raman Effekt*, Berlin, 1931, p. 344.

EXPLOSIFS. — *Sur l'aptitude à la destruction des explosifs par inflammation dans le vide.* Note de M. **E. Burlot**, présentée par M. G. Urbain.

Les explosifs sont généralement, pour ce qui concerne leur usage, classés en deux catégories :

a. Les explosifs de remplissage (dérivés nitrés des carbures, des phénols; esters nitreux ou nitriques; mélanges de corps comburants et combustibles);

b. Les explosifs d'amorçage ou excitateurs (fulminate, azides ou azotures).

Cette distinction repose sur la manière dont les explosifs se comportent au contact d'une flamme ou d'un corps incandescent dans les *conditions les plus habituelles d'emploi.*

Les explosifs *a* brûlent tant que leur masse n'est pas trop considérable ou la pression qu'ils supportent trop élevée, c'est-à-dire se détruisent sans que cette combustion dégénère en détonation, phénomène caractérisé par la naissance de l'onde explosive.

Pour les explosifs *b* au contraire, la détonation apparaît avec un caractère de fatalité même sous les masses les plus faibles sans que l'on puisse observer une combustion préalable de quelque durée.

Cette distinction n'est pas aussi fondamentale qu'elle le paraît et nous apportons la preuve expérimentale que l'azoture de plomb, tout comme le fulminate de mercure (¹), ne fait pas exception à la règle suivante :

Au-dessous d'une certaine pression limite, la destruction massive (par combustion, déflagration ou détonation) des poudres ou des explosifs ne peut être amorcée par contact avec une flamme ou un corps incandescent si ce contact est de courte durée.

Nous avons effectué systématiquement plus de 200 expériences à ce sujet

---

(¹) Dans des conditions expérimentales différentes (voir *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 171). MM. Laffitte et Patry ont montré qu'en utilisant pour l'allumage un cordeau Bickford on n'obtient pas le régime détonant du fulminate placé à l'air libre sous forme d'une traînée suffisamment étroite.

Il faut noter également que Wöhler (*Zeits. Schies. Sprengst.*, 2, 1907, p. 204) avait signalé que dans certains cas l'inflammation du fulminate n'est pas instantanée.

Mais Laffitte admet (*loc. cit.*) que lorsque le fulminate est dans un tube on obtient toujours une détonation même en amorçant avec le cordeau Bickford. Quant à l'azoture de plomb on n'aurait jamais obtenu que le régime détonant même avec une très mince traînée à l'air libre amorcée avec le cordeau Bickford.

et nous avons vérifié que cette règle peut être admise pour les explosifs *a*, mais qu'elle est également vérifiée pour les explosifs *b*, tels que le fulminate de mercure et l'azoture de plomb dans les conditions suivantes :

Masse d'explosif soumise à l'épreuve : $p > 0^g,1$. Densité d'encartouchage égale à la densité gravimétrique. Mise de feu au moyen de l'inflammateur dont sont munies les amorces électriques détonantes du commerce, le fusible étant plongé entièrement dans la masse de l'explosif. Dans nos expériences le fusible avait les caractéristiques suivantes :

Diamètre, 45/1000e de millimètre; longueur, $2^{mm},3 \pm 0,1$; température de fusion, 1360°; chaleur latente de fusion, 68 cal/g; chaleur spécifique, 0,127 cal/g; conductibilité thermique, 0,06 cal/g cm^2/cm/sec; résistivité électrique, 48 microhms.

Ces conditions expérimentales précisent :

L'énergie calorifique mise en œuvre au sein de l'explosif, l'ordre de grandeur du temps employé à sa dispersion, les dimensions de la surface de contact, enfin, les dimensions de la masse d'explosif dans laquelle le phénomène peut évoluer.

Nous avons ainsi observé les phénomènes suivants :

1° Il y a une pression limite au-dessous de laquelle la destruction de l'explosif amorcé au contact du fusible ne peut se propager dans la masse de l'explosif.

Cette pression est supérieure à 1^{mm} de mercure pour le fulminate de mercure et de l'ordre de 1/50 de millimètre pour l'azoture de plomb. Elle varie d'ailleurs avec la dimension des particules solides séparées par tamisage.

2° Il existe, pour l'azoture comme pour le fulminate de mercure, une phase de destruction lente (combustion) précédant la détonation.

Cette phase est très facile à observer avec le fulminate de mercure. Nous l'avons également mis en évidence pour l'azoture de plomb dans les conditions que voici :

1° *Essai n°* 3 (14 décembre 1932). — Poids d'azoture mis en œuvre : 1^g. Pression inférieure à 1^{mm} de mercure. La mise de feu n'est suivie d'aucune déflagration. L'enveloppe de l'explosif paraît intacte. Elle porte toutefois sur sa face intérieure des traces noirâtres qui ont été identifiées, sans aucun doute possible, pour des traces de plomb.

L'inflammateur montre que le courant électrique a élevé la température du fusible jusqu'à un point voisin de la température de fusion, sinon égal.

Un fragment de ce fusible n'est pas complètement fondu. Il sert de support à une perle d'azoture ayant $0^{mm},5$ de diamètre environ et pesant 1/10 de milligramme. Cette perle, de couleur brun noir au contact du fusible,

est le témoin d'un début de destruction, sans transmission au restant de la masse, de l'azoture demeuré intact.

2° *Essais nos* 53, 56, 59 *et* 60 (17/11/1933) : Allumeurs comme décrit ci-dessus mais sélectionnés avec résistance ohmique comprise entre 0,95 et 1 ohm. Courant sous 45 volts. Intensité 1 ampère. Pression égale à 1/20e de millimètre de mercure évaluée au moyen d'un tube à effluve (mesure de l'espace sombre de Hittorf). A la mise de feu on remarque une élévation de pression : cette dernière passant de 1/20e de millimètre à 1/10e de millimètre.

Par la suite on constate que la masse d'azoture demeurée inaltérée renferme des agglomérats de grains dont quelques-uns relativement volumineux et de couleur gris noir. Nous les avons identifiés : ce sont des grains d'azoture plus ou moins décomposés.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques β-oxyacétals arylaliphatiques et leurs produits d'hydrolyse.* Note (1) de M. **Marcu Rotbart**, présentée par M. Delépine.

Dans deux Notes précédentes (2) nous avons étudié successivement les acétals β-cyclohexoxyliques et les aldéhydes qui en dérivent, puis les acétals β-alcoxyliques du type

$$R - O - CH^2 - CH \begin{matrix} \diagup OC^2H^5 \\ \diagdown OC^2H^5 \end{matrix},$$

où R représente un reste d'alcool saturé en C^8, C^{10}, C^{12}, C^{14} et C^{16}, avec les aldéhydes correspondants.

La présente Note a pour objet les acétals correspondant à quelques alcools arylaliphatiques primaires, benzylique (3), anisique, β-phényléthylique (3), hydratropique à un alcool secondaire : α-phényléthylique, et à deux alcools tertiaires : phényl-2-propanol-2 (diméthylphénylcarbinol) et phényl-1-méthyl-1-propanol-2 (diméthylbenzylcarbinol).

Les acétals ont été préparés conformément à la technique exposée précédemment : action du bromacétal sur l'alcoolate sodé, en présence de

(1) Séance du 13 novembre 1933.

(2) L. Palfray, S. Sabetay et M. Rotbart, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1508; Marcu Rotbart, *Ibid.*, p. 2013.

(3) Déjà sommairement décrits par S. Sabetay et D. Mira, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 617, qui ont noté la difficulté d'hydrolyser les acétals correspondants.

cuivre, à l'autoclave à 170-180°, pendant 3 heures. On ne peut ici faire l'alcoolate à partir du sodium en poudre dans le toluène, car il se fait une hydrogénation du noyau.

L'alcoolate benzylique peut s'obtenir directement par dissolution de KOH dans l'alcool bouillant, mais, pour lui comme pour les autres, la méthode la plus avantageuse a été celle du *déplacement*, c'est-à-dire l'action de l'alcool sur l'éthylate de sodium sec. Les rendements ont été de 70 à 88 pour 100, sauf pour les alcools tertiaires, où il n'a été que de l'ordre de 25 pour 100, ce qui montre l'influence du degré de la fonction alcool sur l'aptitude à la condensation.

Déjà avertis par la Note de Sabetay et Mira, nous avons essayé l'hydrolyse des acétals avec un acide faible. Comme on pouvait le prévoir, l'acétal dérivé de l'alcool β-phényléthylique est relativement solide. Avec SO^4H^2 à 7 pour 100, il fournit l'aldéhyde avec un rendement de 60 pour 100. L'acétal dérivé de l'alcool hydratropique a une stabilité analogue. L'hydrolyse par SO^4H^2 à 5 pour 100 fournit l'aldéhyde avec un rendement de 76 pour 100 et peu de résines. Les acétals benzyloxy- et anisyloxy- sont beaucoup plus fragiles, surtout le dernier. Avec SO^4H^2 à 1 pour 100 le premier fournit l'aldéhyde (rendement 61 pour 100). A la même concentration, le second se coupe partiellement en alcool anisique sans donner d'aldéhyde, avec SO^4H^2 à 5 pour 100 il donne un peu d'aldéhyde et surtout de l'alcool anisique.

L'acétal de l'alcool secondaire (α-phényléthylique) qui peut être envisagé comme méthylbenzylique est encore plus fragile que son homologue. SO^4H^2 à 1 et même 0,5 pour 100 coupe l'acétal et libère 1/3 environ de l'alcool de départ. On n'obtient pas d'aldéhyde.

Il en est de même, *a fortiori*, avec les acétals de nos alcools tertiaires. *La fonction éther-oxyde en β s'hydrolyse bien plus facilement que la fonction acétal.*

Nous indiquerons les propriétés des oxy-acétals et des aldéhydes correspondants :

Benzyloxyacétal ($C^{13}H^{20}O^3$) : $E_{12} = 143°$; $d_4^{24,5} = 1,0020$; $n_D^{24,5} = 1,4875$. R_D tr. 64,35; calc. 63,56. OC^2H^5 % tr. 40,26; calc. 40,17.

Benzyloxyacétaldéhyde ($C^9H^{10}O^2$) : $E_{11} = 109\text{-}111°$; $d_4^{18} = 1,1107$; $n_D^{18} = 1,5345$. R_D tr. 42,00; calc. 41,81. *Semicarbazone* : F = 119°, assez soluble dans l'eau froide.

Anisyloxyacétal ($C^{14}H^{22}O^4$) : $E_{16} = 181°$, $E_3 = 152°$; $d_4^{21} = 1,0398$; $n_D^{21} = 1,4920$. R_D tr. 70,30; calc. 69,82 ($2OC^2H^5 + OCH^3$) % tr. 48,11; calc. 48,01.

Anisyloxyacétaldéhyde ($C^{10}H^{12}O^3$) : $E_{15} = 157\text{-}160°$; $d^{21} = 1,1116$; $n_D^{21} = 1,5119$. R_D tr. 48,60; calc. 48,07. *Semicarbazone* : F = 160-160°,5.

β-Phényléthoxyacétal ($C^{14}H^{22}O^3$) : $E_3 = 126°-128°$; $d_4^{25} = 0,9785$; $n_D^{25} = 1,4770$. R_D tr. 68,73; calc. 68,18. OC^2H^5 % tr. 37,92; calc. 37,81.

β.Phényléthoxyacétaldéhyde : $E_{15} = 120-122°$; $d_4^{24} = 1,0680$; $n_D^{24} = 1,5216$. R_D tr. 46,80; calc. 46,43. *Semicarbazone* : F = 88°,5.

β.Phényl-β-méthyléthoxyacétal (hydratropique) ($C^{15}H^{24}O^3$) : $E_5 = 130-132°$; $d_4^{24} = 0,9831$; $n_D^{25} = 1,4750$. R_D tr. 72,17; cal. 72,80. OC^2H^5 % tr. 35,92; calc. 35,71.

β.Phényl-β-méthyléthoxyacétaldéhyde ($C^{11}H^{14}O^2$) : $E_{16} = 134-136°$; $d_4^{24} = 1,0540$; $n_D^{24} = 1,5200$. R_D tr. 51,34; calc. 51,05. *Semicarbazone* : F = 89-89°,5.

α.Phényléthoxyacétal ($C^{14}H^{22}O^3$) : $E_{15} = 138-140°$; $d_4^{22,5} = 0,9772$; $n_D^{22,5} = 1,4671$. R_D tr. 67,60; cal. 68,18. OC^2H^5 % tr. 38,01; calc. 37,81.

Phényl-2-propoxy-2-acétal ($C^{15}H^{24}O^3$) : $E_{16} = 150-152°$; $d_4^{20} = 0,9756$; $n_D^{20} = 1,4780$. R_D tr. 73,11; calc. 72,80. OC^2H^5 % tr. 35,60; cal. 35,71.

Phényl-3-méthyl-2-propoxy-2-acétal ($C^{16}H^{26}O^3$) : $E_2 = 115-118°$; $d_4^{24} = 0,9730$; $n_D^{24} = 1,4775$. R_D tr. 77,32; calc. 77,41. OC^2H^5 % tr. 33,58; cal. 33,83.

Constatant la fragilité à l'hydrolyser de ces derniers acétals, nous avons préparé, pour les hydrolyser, les deux éthers-oxydes

$$C^6H^5 - CH(CH^3) - OC^2H^5 \quad \text{et} \quad CH^3 - O - C^6H^4 - CH^2 - O - C^2H^5.$$

Le premier a été décrit complètement [1]; pour le second, dont Späth [2] n'a donné que le point d'ébullition, nous avons déterminé les constantes

$E_{14} = 115-117°$; $d_4^{18} = 1,0181$; $n_D^{18} = 1,5051$; R_D : tr. 48,37; calc. 48,06.

L'éther α-phényléthylique, traité par SO^4H^2 à 1 pour 100, comme l'acétal correspondant, s'hydrolyse pour 50 pour 100 en alcool α-phényléthylique. L'éther anisique, traité par SO^4H^2 à 5 pour 100, comme l'acétal correspondant, s'hydrolyse en alcool pour 1/5e, et le reste se résinifie.

Donc, *la sensibilité à l'hydrolyse de la fonction éther-oxyde en β, dans les acétals précités, n'est pas exceptionnelle, elle est d'un ordre de grandeur comparable à celle des éthers-oxydes correspondants.*

CHIMIE ORGANIQUE. — *Étude dans la série des thioniums aryliques.* Note de MM. **Ch. Courtot** et **T. Y. Tung**, présentée par M. M. Delépine.

Dans une précédente Communication, l'un de nous [3] a mis en évidence les chlorures de thioniums aryliques purement hydrocarbonés, dans la pré-

---

(1) T. E. Thorpe, *Jahrs. Fortsch. Chem.*, 1, 1869, p. 412.

(2) *Monatshefte für Chemie*, 35, 1914, p. 330.

(3) Ch. Courtot et P. Chiffert, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 986.

paration de plusieurs sulfinones aromatiques, au moyen du chlorure de thionyle, réagissant sur les hydrocarbures aromatiques avec Cl^6Al comme agent de condensation.

Dans le présent travail, *nous généralisons la préparation de ces thioniums, en partant de sulfinones, symétriques ou non, que nous condensons avec diverses combinaisons chloraluminiques d'hydrocarbures. Nous arrivons ainsi, et avec des rendements souvent quantitatifs, à des chlorures de thionium portant deux ou trois radicaux aromatiques hydrocarbonés différents.*

Ce mode opératoire confirme les vues exposées précédemment sur le processus réactionnel et nous a permis d'isoler à l'état cristallin, le prototype de la série : le chlorure de triphénylthionium que jusqu'alors nous n'avions fait qu'entrevoir sous forme de complexe avec le chlorure ferrique.

Chlorure de triphénylthionium. — On fait réagir 250^g de Cl^3Al sur 500^g de benzène, puis on introduit progressivement 200^g de diphénylsulfinone bien sèche et pulvérisée. On agite, à 40°, pendant 4 ou 5 jours. Après hydrolyse, la couche benzénique renferme la sulfinone non attaquée, alors que la couche aqueuse contient le thionium. On extrait celle-ci d'abord au benzène, puis au chloroforme; cette dernière solution, après évaporation, laisse le thionium. Il cristallise d'une solution alcoolique ou acétonique à laquelle on ajoute une petite quantité d'eau. Il forme alors un monohydrate $(C^6H^5)^3C.Cl, H^2O$, en très longues aiguilles blanches, fragiles, $f = 142\text{-}143°$. Il se dissout aussi dans l'acide acétique et l'acétate d'éthyle. Il est, par contre, insoluble dans l'éther, le benzène, l'éther de pétrole, le tétrachlorure et le sulfure de carbone, propriétés communes aux thioniums décrits. Hydraté, il perd son eau de cristallisation à 60°, sous vide. Son point de fusion devient alors imprécis. Il fond à 277° avec décomposition instantanée quand on le jette dans un bain d'air déjà porté à cette température. Mais plus bas, à 230°, la décomposition dure une minute. Ces propriétés se comprennent en se reportant à la transformation générale des thioniums en sulfure et dérivé halogéné. $(C^6H^5)^3SCl$ s'unit à Cl^2Hg; le complexe $Cl^2Hg(C^6H^5)^3S.Cl$ se présente en petites aiguilles blanches $f = 214\text{-}215°$ (déc.).

Dans des conditions opératoires tout à fait analogues, mais en limitant le temps de chauffage à 8 heures, nous avons obtenu, par condensation des xylènes *ortho* et *méta* avec la diphénylsulfinone :

Le chlorure d'o-xylyldiphénylthionium, mais ce thionium préparé depuis six mois n'a pas encore cristallisé.

Le chlorure de m-xylyldiphénylthionium. Celui-ci cristallise, au contraire, facilement de sa solution acétonique anhydre chaude, par simple refroidissement, en poudre blanche microcristalline $f = 179°$. Il absorbe alors facilement une molécule d'eau et se transforme en beaux prismes à base carrée $f = 123\text{-}124°$, non hygroscopiques.

D'autre part, la *pp'*-ditolylsulfinone a été opposée aux carbures suivants : benzène, toluène, *o*-xylène, *p*-xylène, cumène, ce qui engendre :

Le chlorure de phényldítolylthionium. Obtenu anhydre par refroidissement de la solution acétonique, il se présente en poudre cristalline blanche, très hygroscopique $f = 193\text{-}194°$. Il donne un monohydrate en glomérules incolores $f = 125\text{-}127°$, et un trihydrate en prismes trapus $f = 62\text{-}63°$.

Le chlorure de tritolylthionium. Nous avons déjà décrit ce corps (1). Anhydre, il fond mal à 228°. Le monohydrate fond à 138-140° en perdant l'eau de cristallisation. Il donne un tétrahydrate cristallisant en gros prismes incolores à base losange tronquée sur les angles aigus $f = 51\text{-}52°$.

Le chlorure d'o-xylylditolylthionium. Anhydre, il fond à 118-120°. Le bihydrate cristallise en beaux prismes, enchevêtrés, transparents, $f = 56\text{-}57°$.

Le chlorure de p-xylylditolylthionium. Nous n'avons pas réussi, jusqu'ici, à le faire cristalliser. Mais sa combinaison avec Cl^2Hg constitue une poudre cristalline blanche $f = 86\text{-}87°$.

La tétraméthyl-2.4.2'.4'-diphénylsulfinone, étudiée précédemment (1), a été condensée avec le toluène et l'orthoxylène. On obtient :

Le chlorure de dixylyltolythionium. — Petites étoiles blanches. Le thionium anhydre fond à 94-97°.

Le chlorure de trixylylthionium qui forme un trihydrate : grosses aiguilles prismatiques transparentes, $f = 60\text{-}61°$; alors que le produit anhydre fond mal à 102-105°.

Enfin, la phénylparatolylsulfinone, $f = 73°$ (2), a été condensée avec le benzène, l'ortho et le paraxylène. Dans les deux derniers cas, nous obtenons des thioniums à trois radicaux aryliques différents.

Chlorure de diphénylparatolylthionium (3). — Il fond mal entre 232-234°.

Chlorure d'o-xylylphénylthionium (3). — Anhydre, il fond mal à 74-76°. Mais il conduit à un trihydrate bien cristallisé fondant nettement à 59-60°.

Chlorure de m-xylylphényltolylthionium. — Anhydre, il fond à 73-74°. Hydraté, il se transforme en magma cristallin dispersé dans une huile très visqueuse qui n'est pas encore complètement prise en masse.

Ces résultats montrent que cette méthode de condensation, entrevue par Smiles et le Rossignol (4) en ce qui concerne les dérivés aryliques alcoxylés, mais qui donne de mauvais résultats à ces savants, conduit dans notre cas, au contraire, à la méthode la plus pratique de préparation des thioniums aryliques purement hydrocarbonés.

---

(1) *Loc. cit.*

(2) *Thèse de Doctorat d'Université Chiffert*, Nancy, octobre 1932, p. 77. La préparation de la sulfinone a été reprise par plusieurs collaborateurs et le p. f. stabilisé à 73°. Voir CHAIX, *Bull. Soc. Chim.*, 53, 1933, p. 701.

(3) *Thèse de Doctorat d'Université Chiffert,* Nancy, octobre 1932, p. 79.

(4) *Chem. Soc.*, 89, 1906, p. 698.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèses avec des acides du type*

$$R - CH = CH - CH^2 - CO^2H$$

et des dérivés organomagnésiens mixtes [1]. Note [2] de MM. **D. Ivanoff** et **G. Pchénitchny**, transmise par M. V. Grignard.

Il a été montré [2] que les carboxylates de formule générale

$$Ar.CH^2.CO^2.MgCl,$$

où Ar est un radical arylique, possèdent un atome d'hydrogène méthénique labile. Si l'on remplace dans ces carboxylates le groupe arylique par le groupe $-CH=CH-$, dans les nouveaux carboxylates le même atome d'hydrogène est actif. Ces carboxylates donnent avec les dérivés organomagnésiens aliphatiques et α-$C^{10}H^7MgBr$, après carbonatation, les acides maloniques correspondants [3]. Par contre, la réaction avec les dérivés magnésiens des bromures suivants : C^6H^5Br, m-$CH^3.C^6H^4.Br$ et p-$CH^3.C^6H^4.Br$ conduit aux acides β-hydroxysubstitués correspondants. Il en résulte que le pouvoir activant du groupe $-CH=CH-$ est du même ordre de grandeur que celui des radicaux phénylique et para-chlorophénylique [3].

Ces acides à double liaison, de même que les acides $C^6H^5.CH^2.CO^2H$ et o-$Cl.C^6H^4.CH^2CO^2H$ soumis à l'action de l'éthylate de sodium, ne donnent pas le dérivé sodé du pseudo-acide. Cela a été démontré en soumettant le mélange réactionnel à une carbonatation; nous n'avons pas obtenu les acides maloniques correspondants. Nous voyons donc que quelques-uns des dérivés organomagnésiens mixtes, et, plus spécialement, le chlorure d'isopropylmagnésium, sont de meilleurs réactifs pour les atomes d'hydrogène méthéniques labiles que les alcoolates des métaux alcalins.

Nous avons travaillé avec le phényl-4-butène-3-oïque-1,

$$C^6H^5 - CH = CH - CH^2 - CO^2H$$

---

(1) Séance du 13 novembre 1933.

(2) D. Ivanoff et A. Spassoff, *Bull. Soc. chim.*, **49**, 1931, p. 19.

(3) D. Ivanoff et A. Spassoff, *loc. cit.*, p. 371.

et l'hexène-3-oïque-1,

$$CH^3 - CH^2 - CH = CH.CH^2.CO^2H.$$

Essais avec $C^6H^5 - CH = CH.CH^2.CO^2H$ (1). — *Les magnésiens de i*-$C^3H^7.Cl$ *et* α-$C^{10}H^7.Br$ ont conduit, après carbonatation, à l'*acide [phényl-2']-éthénylmalonique* : $4^g,7$ d'acide et $5^g,7$ de *i*-$C^3H^7.Cl$ ont donné, après lavage au benzène, $4^g,3$ d'acide phénéthényl-malonique. L'acide fond, avec décomposition, à 133°. *Le magnésien de m*-$CH^3.C^6H^4.Br$ a donné le *phényl-6 méta-tolyl-3 phenéthényl-2 hydroxy-3 hexène-5-oïque-1*. 5^g d'acide et $13^g,2$ de *m*-$CH^3.C^6H^4.Br$ ont donné $4^g,7$ d'acide qui a été recristallisé dans de l'alcool à chaud; petites aiguilles qui fondent à 138-139°.

Le magnésien de p-$CH^3.C^6H^4.Br$ a donné le *phényl-6-paratolyl-3 [phénéthényl]-2 hydroxy-3-hexène-5-oïque-1*, $C^{27}H^{26}O^3$. Même rendement que ci-dessus. Dans l'alcool, à chaud, petits cristaux incolores qui fondent à 165°.

Le magnésien de $C^6H^5.Br$ a donné le *diphényl-3.6 [phénéthényl]-2-hexène-5-oïque-1*. 5^g d'acide et 12^g C^6H^5Br ont donné $4^g,9$ d'acide. Dans l'alcool, à chaud, petites aiguilles qui fondent à 142-143°.

Essais avec $CH^3.CH^2.CH = CH.CH^2.CO^2H$ (2). — *Le magnésien de i*-$C^3H^7.Cl$, préparé à partir de $27^g,3$ *i*-$C^3H^7.Cl$, a donné, avec 14^g d'acide, après carbonatation, $11^g,5$ d'un sirop qui cristallise après quelques jours. L'acide *α-butényl-2-malonique*, recristallisé dans CCl^4, constitue une poudre incolore qui fond, avec décomposition, vers 100°.

Le magnésien de C^6H^5Br a donné le *phényl-3-α-buténуl-2-hydroxy-3-octène-5-oïque-1*, $C^{18}H^{24}O^3$, qui cristallise dans l'alcool, à chaud, sous forme d'aiguilles brillantes fondant à 145°.

Le magnésien de p-$CH^3C^6H^4Br$ a donné le *paratolyl-3-α-buténуl-2-hydroxy-3-octène-5-oïque-1*, $C^{19}H^{26}O^3$, qui, dans l'éther de pétrole, cristallise en petits cristaux qui fondent à 124°,5. Il est soluble dans l'alcool, l'éther, l'acétone, le benzène et le chloroforme.

Les essais avec l'éthylate de sodium furent faits sur 1/20e mol-gr d'acide et 1/10e mol-gr d'alcoolate à 20 pour 100. Le mélange est chauffé au réfrigérant ascendant pendant 3 heures et carbonaté à 0°. La solution absorbe du gaz carbonique à peu près en quantité équivalente au métal. Après acidification, le gaz carbonique se dégage, car il se trouve sous forme de carbonate, et l'acide initial est récupéré.

---

(1) Préparé d'après H. Leoni, *Lieb. Ann.*, 256, 1890, p. 64.

(2) Préparé par hydrogénation de l'acide sorbique d'après J. J. Sudbourgh et J. Thomas, *Chem. Soc.*, **97**, 1910, p. 245.

GÉOLOGIE. — *Nouvelles observations géologiques dans le Bas-Dahomey.* Note (1) de M. ALEXIS CHERMETTE.

Le Bas-Dahomey est presque entièrement constitué, jusqu'à la hauteur du 7°30′ de latitude Nord, par des sédiments récents (Tertiaire), limitant au Nord la vaste pénéplaine gneissique du Moyen-Dahomey, et, au Sud, un important système de lagunes, bordant lui-même un mince cordon littoral. Ces assises s'individualisent en deux unités morphologiques bien caractérisées : au centre, une vaste dépression marécageuse, et, de part et d'autre de celle-ci, l'encadrant au Nord et au Sud, une double série de plateaux entaillés par les fleuves côtiers (Mono, Couffo, Ouémé et son affluent le Zou). Cette dépression connue sous le nom de *Lama* dans sa partie moyenne, entre le Couffo à l'Ouest et la grand'route Cotonou-Allada-Abomey à l'Est, se prolonge au Nord-Est par le Bassin des *Hollis*, vers la Nigéria, et au Sud-Ouest par le pays des *Tchis*, vers le Togo (2), décrivant dans le Bas-Dahomey un arc de cercle qui aurait pour centre Cotonou, avec un rayon d'environ 80^{km} et une corde de 130^{km} de longueur suivant la droite Agomé-Séva (sud-est d'Athiémé), Illémon (nord-est de Pobé). Un substratum argileux, joint à un relief presque nul, transforment une bonne partie de l'année cette région en un vaste marécage, domaine du *poto-poto*, de la boue gluante (en portugais, *lama* = boue).

Les plateaux au nord de la dépression (Parahoué, Abomey, Zagnanado, Kétou) descendent en pente douce sur la Lama, alors que ceux situés au Sud (Adjas, Allada, Pobé-Sakété) la dominent par un escarpement.

Les causes qui ont pu provoquer un tel modelé sont demeurées longtemps obscures, faute de moyens d'investigation suffisants. Le levé de la Carte géologique détaillée du Bas-Dahomey a mis en lumière un certain nombre de faits nouveaux, permettant en particulier l'interprétation de l'allure topographique, en fossé, de la Lama.

R. Prokopenko a montré (1931-1932) que, contrairement à ce que l'on pensait jusqu'alors, la série argilo-gréseuse composant les plateaux au nord de la Lama ne provenait pas de la transformation *in situ* de roches cristallines, mais appartenait à des sédiments marins et continentaux (argiles limonitisées de Kétou à Lamellibranches et Gastéropodes, grès

(1) Séance du 18 septembre 1933.

(2) C'est ce qu'ont montré de bonne heure les premiers explorateurs du pays : Fourn, H. Hubert (H. HUBERT, *Mission scientifique au Dahomey*, 1908, p. 231).

argileux de Dan à débris végétaux), attribués à l'*Éocène supérieur*, sous réserve d'études paléontologiques complémentaires en cours. J'ai pu constater moi-même (1932-1933) que la zone fossilifère de Kétou avait une extension plus grande que ne le pensait Prokopenko, ayant retrouvé des limonites fossilifères à Ibiyan et à Gahigon, respectivement à 20^{km} au sud-est et à 10^{km} au sud-ouest de Kétou.

Le soubassement gneissique ne se rencontre qu'à une profondeur de 40^{m} à 80^{m}, et seulement encore dans la partie nord de ces plateaux, la série argilo-gréseuse reposant au Sud sur la série argilo-schisteuse et marno-calcaire de la Lama, que Prokopenko assimile au *Lignite Group* des géologues de la Nigéria (Éocène moyen). L'examen d'un grand nombre de puits profonds m'a permis de voir moi-même que sous les plateaux méridionaux d'Allada, des Adjas et de Pobé-Sakété, on rencontre la même série schisto-argileuse que sur le rebord septentrional de la Lama. Le puits d'Adjadji-Sogoudo (plateau d'Allada) a recoupé ainsi un niveau d'*argile ligniteuse et pyriteuse*, en tous points identique à celui signalé par Prokopenko dans le puits de Locogba, au nord du Pays des Tchis.

J'ai rencontré dans les puits de Gandzazoumé (plateau de Parahoué) et de Lobogo (plateau des Adjas), des *bancs de calcaire* analogues à ceux qui affleurent dans le lit du Mono, sur la rive togolaise, à $2^{km},5$ en aval de Tokpli, analogues encore à ceux dont les débris jalonnent la dépression marécageuse (Voun-Akpenou-Tchito-Kpomé-Massé). Un puits récent m'a fourni de même, à Hodo-Méta (Kétou), ainsi qu'un autre plus ancien, à Ahouloumé (Adjas), des schistes argileux noirs avec *lentilles de gypse*, que l'on doit rapporter à la *série de la Lama*.

Aucun des nombreux puits profonds forés dans les plateaux méridionaux du Bas-Dahomey n'a rencontré le soubassement cristallin. La parfaite similitude de constitution géologique des plateaux tant du nord que du sud de la Lama, et l'absence de tout accident tectonique écartent toute idée de décrochement vertical quant à l'origine de ce fossé. Il faut voir dans la Lama la *trace d'une vallée subséquente*, et dans les pentes raides du nord du plateau d'Allada, une *côte*. J'ai pu constater le même fait en ce qui concerne les plateaux des Adjas et de Pobé-Sakété. La nature marécageuse de la dépression semble provenir du fait que l'érosion se trouve arrêtée de nos jours au niveau des schistes et des argiles. L'Ouémé et le Mono, qui ont de leur côté atteint la période de maturité, du moins dans leur cours inférieur, ont repoussé peu à peu, respectivement vers la Lama et le Pays des Tchis, la Sô et la rivière Sazué, dont les eaux, faute d'écoulement suffisant, séjournent dans la dépression durant la saison des pluies.

GÉOLOGIE. — *Sur les peranthracites et les anthracites vrais.* Note de M. **P. Lebeau**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Au cours de nos recherches sur les combustibles, nous avions indiqué, en 1927 [1], en nous basant sur le fractionnement thermique des produits gazeux de la pyrogénation, que le groupe des anthracites pouvait être scindé en deux séries bien distinctes : pyro-anthracites et anthracites vrais.

Nous avons substitué au terme pyro-anthracite celui de peranthracite, qui ne préjuge pas de la nature des phénomènes géologiques ayant présidé à la formation de cette catégorie de combustibles.

Nous rappellerons que la pyrogénation progressive des peranthracites, réalisée par le procédé antérieurement décrit [2], fournit jusqu'à 1000° des volumes gazeux compris entre les limites extrêmes de $21^{m^3},5$ et 160^{m^3} à la tonne, alors que pour les anthracites vrais ces mêmes limites vont de 260 à 367^{m^3}.

Le maximum du dégagement gazeux peut être supérieur à 900°, et même à 1000°, et ne descendre que très rarement, pour les peranthracites, au voisinage de 800°; il apparaît, pour les anthracites vrais, à 800° ou entre 700° et 800°.

Les résultats acquis depuis nos premiers travaux nous ont prouvé le bien-fondé d'une telle classification, en faisant ressortir d'autres caractères aussi nettement différenciés, qui peuvent être ainsi précisés :

1° La composition centésimale des gaz résultant du fractionnement thermique montre qu'ils renferment une forte proportion d'hydrogène, allant de 80 à 90 pour 100, mais, pour les peranthracites le méthane fait défaut dans ces mélanges gazeux, ou s'y rencontre à une teneur inférieure à 2 pour 100; pour les anthracites vrais, au contraire, ce carbure existe de façon constante et en quantités comprises entre 4,84 et 10,11 pour 100.

2° Les analyses élémentaires effectuées pour tous les échantillons ont établi que dans le groupe des peranthracites, déduction faite des cendres et de l'eau, les titres en carbone sont très élevés, et peuvent dépasser 99 pour 100 (limites extrêmes : 97,95 et 99,33, correspondant respectivement à 2,05 et 0,67 pour 100 d'hydrogène). Dans le cas des anthracites vrais, le taux le plus fort en carbone a été de 97,31 pour 100 et le plus

(1) *Conférence faite au VIIe Congrès de Chimie industr.*, 16-22 octobre 1927.
(2) *Comptes rendus*, **177**, 1923, p. 320; *Chimie et Industrie*, **14**, 1925, p. 10; *Bull. Soc. Chim. de Belg.*, **35**, 1926, p. 48; *Ann. Off. nat. des Comb. liq.*, n° 1, 1929, p. 22.

faible de 96,08, les teneurs en hydrogène étant de l'ordre de 3 à 4 pour 100 ; pour un seul échantillon, nous avons trouvé 2,97 pour 100 d'hydrogène.

3° Les points d'inflammabilité des peranthracites sont généralement supérieurs à 600° ou très approchés de cette température. Ceux des anthracites vrais sont notablement inférieurs et ont oscillé entre 525° et 545°. Exceptionnellement pour l'un de ces combustibles, le point a atteint 562°.

4° Les peranthracites sont pratiquement conducteurs de l'électricité, tandis que les anthracites vrais ont une très grande résistivité.

5° Tous les peranthracites ont la propriété de décrépiter lorsqu'on les chauffe brusquement à des températures voisines de 300°, propriété que l'on ne rencontre pas dans le groupe des anthracites vrais. Ce décrépitement est accompagné d'un départ d'allure explosive de vapeur d'eau, cause principale du phénomène.

6° Les dissolvants : alcool, acétone, mélange alcool-benzène, benzène, pyridine, ne prennent aucune coloration au contact des peranthracites, alors qu'ils acquièrent une teinte jaune plus ou moins foncé avec les anthracites vrais, les essais étant réalisés dans les mêmes conditions de divisions et de température.

7° On trouve également des différences très sensibles dans l'action des réactifs chimiques. L'acide azotique de densité 1,48 ne change pas de couleur en présence d'un peranthracite après un séjour à froid de 24 heures ; avec les anthracites vrais on obtient, dans des délais allant de quelques minutes à 2 heures, des solutions d'un jaune brun plus ou moins foncé. Si l'on fait intervenir ce même réactif à chaud, les deux catégories de combustibles sont attaquées, mais les liquides, transparents dans tous les cas, ne se troublent pas sensiblement par l'addition d'eau pour les peranthracites, alors qu'ils donnent un précipité abondant lorsqu'ils proviennent de l'action de l'acide azotique sur les anthracites vrais.

On observe des divergences comparables dans l'utilisation du mélange sulfonitrique, ou encore dans l'évaluation du pouvoir réducteur vis-à-vis de l'acide sulfurique à la température ordinaire.

Cette étude a porté sur 21 échantillons de peranthracites se répartissant ainsi :

Intra-alpins	13
Tonkin (Mines du Dong-Trieu)	5
Russie (Mine du Donetz)	1
Isère (Mine de la Mure)	1
États-Unis	1

et sur 18 échantillons d'anthracites, à savoir :

Angleterre	6
Belgique	3
Hollande	1
Ruhr	1
France (Mines d'Anzin, de Messeix et du Nord d'Alès)	7

GÉOLOGIE — *Les formations triasiques du Tonkin occidental.* Note (1) de M. **Jacques Fromaget**, présentée par M. Ch. Jacob.

Dans une précédente Note (2), j'ai montré que le Trias marin occupait dans le Nord-Ouest du Tonkin des dépressions étroites, venant converger en un point situé aux environs de Laichau. Au Nord du parallèle de Dien Bien Phu (21°30'), ces dépressions, au nombre de deux : le synclinal de la Rivière Noire et celui du Haut-Laos, séparent sur 150^{km} de longueur, c'est-à-dire jusqu'à leur point *présumé* de convergence, les trois grands éléments continentaux de l'Indochine : le nord du Tonkin, avec le massif calédonien du Fan Si Pan, l'Indosinia ou Indochine médiane et le Haut-Laos.

Malgré les nombreuses recherches entreprises par les géologues dans cette partie de l'Indochine, le Trias supérieur seul y a été identifié avec certitude; cependant, parmi les formations triasiques plus anciennes, le Ladinien pourrait être représenté par de rares grès ferrugineux néritiques et par quelques arkoses ou grès grossiers peu épais.

Ce Trias repose sur les formations les plus variées, depuis les orthogneiss calédoniens jusqu'aux calcaires ouralo-permiens à *Fusulina chamchitensis* et aux rhyolites du Permien ou du Permo-Trias. On ne lui connaît pas de couverture normale sur l'Indosina, ni sur le massif du Fan Si Fan; par contre dans le Haut-Laos la partie supérieure du Terrain rouge, dont la base salifère est norienne, appartient au Rhétien, au Lias et peut-être à des terrains plus récents (3).

Au Carnien, les faciès sont bathyaux dans les dépressions et néritiques sur les bords des continents. Au Norien, ils sont partout subcontinentaux ou néritiques et récifaux.

(1) Séance du 13 novembre 1933.
(2) *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 809.
(3) *Comptes rendus*, 197, 1933. p. 341,

STRATIGRAPHIE, FAUNES ET FLORES :

SYNCLINAL DE LA RIVIÈRE NOIRE. — 2° *Norien.* — Terrain rouge avec grès à *Equisetum arenaceum* du Keuper moyen; conglomérats surtout calcaires et calcaires récifaux de Pa Ma (Rivière Noire), qui ont donné soit à G. Zeil, à L. Dussault ou à moi-même : *Spiriferina* aff. *Sp. orophila*, *Aulacothyris inflata*, *Rhynchonella cuneifornis*, *Montlivautia norica*, *Thecosmilia* cf. *norica*, *Stylophyllopsis* cf. *Zitteli*, *Isastrea profunda* et *Spongiomorpha gibbosa*.

1° *Carnien.* — *b.* Schistes violets du Haut Nam Ma à *Polycyclus Henseli*, *Juvavites* cf. *Toulai*, *Halobia comata*, *H. sicula*. *H. Mojsisovicksi* et *H.* cf. *Zitteli*. — *a.* Schistes jaunes ou noirs de Thanh Uyên, Phong Tho et Ban Nam Cuong à *Discotropites Plinii*, *Arcestes* aff. *sublabiatus*, *Pinacoceras* sp., *Margarites* sp., *Halobia rugosa*, *H. fascigera*, *H. Deningeri*, *H. sicula* et *Koninckina Telleri*. — Ces faunes appartiennent aux parties inférieure et moyenne du Carnien et peut-être aussi au Carnien supérieur avec *Koninckina Telleri*.

SYNCLINAL DU HAUT-LAOS. — 2° *Norien.* — Conglomérat du Col de N. Poun à éléments de roches éruptives.

1° *Carnien.* — *b.* Grès schisteux de Dien Bien Phu à *Discotropites Loutreli*. — *a.* Schistes et schistes gréseux gris ou bruns, à l'Est des précédents, à *Halobia* cf. *superba*, *H. Amœna*, *Monotis aviculæformis*, *Posidonomya fasciata* et *P. lineata*. *Discotropites Loutreli*, dont l'âge précis ne peut être donné étant mis à part, les autres formes indiquent, soit le Carnien moyen, soit le Carnien supérieur.

BORDURE OUEST DU FAN SI PAN. — 3° *Norien* : Absent.

2° *Carnien.* — Grès plus ou moins ferrugineux ayant fourni d'une part : *Monotis* aff. *M. rudis* du Carnien de Sicile et de l'autre : *Alectryonia montis caprilis* du Carnien moyen et supérieur.

1° *Ladinien.* — Grès ferrugineux à *Myophoria radiata* de la boucle du Fleuve Bleu.

BORD EST DE L'INDOSINIA. — 2° *Norien.* — Poudingues et terrain rouge.

1° *Carnien.* — *b.* Grès ferrugineux à *Spiriferina* cf. *Griesbachi* du Norien, *Myophoria* sp. (*M. radiata* Mansuy) et *Avicula Bochii* du Carnien supérieur. *a.* Schistes gréseux jaunes à *Arpadites? Clionites? Myophoria inæquicostata* et *Cardita Pichleri*.

HAUT-LAOS. — 2° *Norien.* — *b.* Base salifère du Terrain rouge, avec gypse et cuivre natif dans le Sillon Lu; puis série anthracifère de Phong Saly à *Glossopteris indica*. *a.* Schistes de Phong Saly et de M. Tia à *Anodontophora Münsteri*.

1° *Carnien* (?). — Arkoses.

Des roches intrusives alcalines, syntectoniques des mouvements néotriasiques, c'est-à-dire noriennes, complètent le matériel triasique [1]. Les sédiments carniens sont très plissés sous ceux du Norien qui le sont souvent peu.

---

[1] J. FROMAGET, *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 651.

Les affinités des faunes triasiques du Nord-Ouest du Tonkin sont surtout avec les Alpes, la Sicile et l'Himalaya; plus rares sont les espèces propres à l'Insulinde et à la Chine du Sud ou ayant un caractère cosmopolite.

Aux points de vue paléogéographique et tectonique, la répartition des espèces du Carnien pose des problèmes intéressants. Je me bornerai à faire remarquer ici qu'elle montre : 1° qu'à cette époque les deux synclinaux du Nord-Ouest du Tonkin étaient complètement séparés, aucune des espèces connues ne s'y trouvant à la fois; 2° que des communications ont existé dès la base du Carnien ou même dès le Ladinien supérieur entre le synclinal de la Rivière Noire et le Yunnan oriental, ainsi qu'en témoignent la présence d'*Halobia rugosa* et de deux Myophories dans ces régions; toutefois, les différences profondes qui paraissent exister entre les autres éléments de ces faunes dans la Chine méridionale et le Tonkin semblent indiquer que ces communications ont été précaires et de courte durée.

VOLCANOLOGIE. — *Sur un phénomène curieux de la solfatare de Pouzzoles.* Note de M. **P. Idrac.**

A la solfatare de Pouzzoles, près de Naples, se trouve comme l'on sait, un ancien volcan, dont le cratère très large est ouvert dans des tufs trachytiques; il forme un champ plat d'environ 2^{km} de tour. Du sol de cette plaine s'élèvent, en des points variés, de nombreuses fumerolles. Un phénomène assez curieux, que les guides se plaisent à montrer aux visiteurs, consiste à allumer au-dessus du sol des morceaux de papier ou une torche quelconque. En ce cas, les dégagements de vapeur des orifices avoisinants ne tardent pas à devenir beaucoup plus intenses : des dégagements se produisent même sur le sol uni en des points où il ne se produit rien normalement. Le phénomène est frappant, et, peu après l'allumage du papier, on voit surgir tout autour d'abondantes fumées.

MM. Melloni et Piria avaient déjà en 1840 ([1]) tenté d'expliquer le phénomène par des raisons chimiques que justifiait l'état de la science à cette époque, mais qui ne peuvent plus être admises maintenant.

Après avoir examiné le phénomène avec soin, nous avons cherché à le reproduire au laboratoire en créant un sol poreux bourré de fumées.

Pour cela, nous avons, confectionné une boîte plate de 2 à 3^{cm} de

([1]) *Comptes rendus*, 11, 1840, p. 354.

hauteur et de 1m de côté environ. La partie supérieure est formée d'un treillage métallique et l'intérieur rempli de paille de fer : le sol poreux est ainsi schématiquement reconstitué. Pour le remplir de fumées à la même température, nous avons capté à l'aide d'une cheminée verticale les fumées dégagées par un papier fumigène. Cette cheminée communiquait avec un serpentin refroidi dans un bac d'eau et qui aboutissait à l'intérieur de la boîte. Le tirage se produisait ainsi parfaitement et en quelques minutes la boîte était remplie de fumées, le tout étant à la même température.

Dans ces conditions, si l'air est bien calme, aucune fumée ne s'échappe de la boîte, mais si l'on allume un morceau de papier au-dessus de la surface du treillis, on voit au bout de peu de temps les fumées sortir tout autour, le phénomène durant (par un effet d'inertie) un certain temps après la suppression du papier, exactement comme cela se passe dans la nature.

Le vide partiel produit dans le terrain sous l'opérateur se propage de proche en proche, ce qui permet l'augmentation des fumées jusqu'à une certaine distance, fait qui avait surpris les premiers observateurs.

C'est donc la légère dépression créée par la présence de l'air chaud qui amorce un courant ascendant entraînant l'air chargé de fumées, maintenu dans le sol par viscosité entre les pores souterrains.

La preuve en est d'ailleurs dans le fait qu'en amorçant un courant ascendant par tout autre moyen mécanique, le phénomène se produit de la même façon.

Nous avons là un nouvel exemple de dégagement gazeux du sol créé par de très faibles dépressions, présentant ainsi une analogie lointaine avec le curieux phénomène des marnières que nous avons étudié avec M. Caulle (1).

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Essai de reconstitution de l'histoire du réseau fluvial du Haut Atlas à l'est de Marrakech.* Note de M. **Jacques Bourcart**.

Je crois avoir montré (2) que les limons roses subatlasiques, naguère considérés comme d'âge oligo-miocène, n'étaient que les dépôts de grandes rivières quaternaires, descendant les pentes de l'Atlas; le Rdat primitif, l'Ourika et le Nfis anciens; ce réseau s'étant établi après l'assèchement du

(1) *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 70.
(2) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 845 et 1053.

chott chelléen du Haouz. Un climat de type soudanais, avec une végétation steppique, régnait alors. La nature des dépôts de ces cours d'eau nous montre que leur pente était relativement faible.

Les plateaux de limons roses du Rdat, l'extrémité inférieure du grand cône du Nfis, sont recouverts, sans transition, par un cailloutis à très gros éléments que j'ai attribué à la seconde période pluviale ([1]). Dans la vallée du Rdat, l'une et l'autre formation s'arrêtent à basse altitude; elles ne dépassent pas le Khemis des Tougganas, sur la route de Ouarzazat. Aucun dépôt analogue ne se montre en amont, où les vallées du Rdat et de ses affluents ont un extraordinaire caractère de jeunesse. De même, dans les vallées de l'Ourika et du Nfis, les limons roses ne dépassent pas, vers l'amont, la bordure de la zone subatlasique.

Il me paraît en résulter que ces deux formations ne sont qu'une partie des cônes ou lits de déjection de ces rivières, dont toute la vallée supérieure a été enlevée par l'érosion postérieure.

Une autre rivière de l'Atlas, l'Oued Zat, ne contient aucun dépôt analogue dans son bassin (à l'exception du lambeau précité du Khemis). Dans ce système, ce ne sont pas les trajets *conséquents* qui prédominent, mais les directions *subséquentes*. D'anciens affluents longitudinaux, tronçonnés par des captures récentes, ont laissé des portions suspendues, sèches, ou des replats très nets, avec le plus souvent des placages d'anciennes alluvions limoneuses, *jaunes*. Ce sont, d'amont en aval : l'Agdal n Tichka (avec des alluvions suspendues et une séguia), le système Asif Amassa-Asif Afra (Asgour), l'Agdal n Oufah (près du Zat) et la dépression entre le massif primaire d'Oujouj et la montagne triasique de Guédrous qui prolonge vers l'est l'Oued Tasfila. Dans cette direction, un placage d'alluvions est encore visible au-dessus de la cuvette de Zerekten. Plus en aval encore, un affluent longitudinal du Zat, le long de la route d'Ouarzazat, voit sa vallée brusquement interrompue par un cirque d'érosion très jeune, découpé par un affluent du Rdat qui coule en sens inverse.

Il s'ensuit que le système primitif du Rdat a été suivi par un autre système où les directions longitudinales prédominent. Puis sont venus les oueds récents, qui sont à nouveau conséquents, mais ne suivent pas exactement l'axe des vallées du premier système. L'érosion devient extrêmement active; la plupart des affluents du second système sont tronqués par des

---

([1]) Pour le Nfis, ce cailloutis est noté a^1, alluvions anciennes, par M. Moret.

captures. Actuellement, le profil d'équilibre est loin d'être atteint, les oueds atlasiques sont en plein travail de creusement.

On peut donc tenter de reconstituer ainsi l'histoire quaternaire du pays de Marrakech :

A l'époque de grès de Rabat (Chelléen ?), un grand chott occupait le Haouz, communiquant facilement avec celui des Rehamna par les seuils de Bzou et de la Seguia Qaïdia à l'Est, par le col que suit la route de Mazagan, où il existe des témoins de cailloutis cimenté, à l'Ouest. Ni le réseau affluent, à pente probablement faible, ni l'exutoire du lac ne nous sont connus. Un peu plus tard (à l'époque de la *croûte* principale : Acheuléen ?), par suite d'un climat désertique, le lac s'assèche.

Un mouvement de soulèvement important de l'Atlas se produit alors, ainsi qu'un abaissement du Haouz. Par suite du climat soudanais qui règne à ce moment (Moustiérien?), la désagrégation des roches de la chaîne est particulièrement active, des rivières conséquentes, à pente encore assez faible, déposent d'énormes cônes de limons et remplissent le Haouz sur une épaisseur qui parfois dépasse 250^{m}. Un peu plus tard, le poids très considérable des éléments du cailloutis supérieur montre que le débit des rivières s'est très brusquement et notablement augmenté. Je pense qu'il faut attribuer ce fait, plutôt à une notable recrudescence des pluies qu'à une glaciation dont il n'existe aucune preuve. Cette seconde période pluviale correspondrait aux dépôts des *tirs* des Doukkalas (Paléolithique supérieur?).

Une phase de repos orogénique relatif correspond à l'établissement d'un réseau subséquent comme celui du Zat. Puis, le soulèvement reprenant, de nouveaux torrents conséquents s'établissent, auxquels succèdent les rivières torrentielles actuelles. C'est dans le bassin supérieur d'une de ces vallées récentes que ce trouvent les seules traces glaciaires certaines de la chaîne. Elles correspondraient donc à un maximum tardif de précipitation et à une altitude déjà très élevée des sommets.

Depuis l'époque des limons roses, tous les cours d'eau de l'Atlas se jettent dans un grand fleuve, le Tensift, qui draine tout le Haouz. Sa tête doit évidemment être cherchée dans les oueds Lakhdar et Tessaout. Mais ceux-ci ont été, comme on le sait, capturés par le système de l'Oum er Rebia.

L'ancienne jonction entre la Tessaout et le Tensift est encore marquée sur le terrain par la Séguia Soltania. La capture peut s'expliquer par un soulèvement relatif de la partie orientale du Haouz, devenue solidaire de l'Atlas, relativement à l'axe Tadla-Rehamna. On sait d'ailleurs que les

torrents initiaux du Lakhdar, dans le Massif du Mgoun, ont poussé leurs têtes au delà de la ligne de crête de l'Atlas, enlevant des portions du bassin supérieur des oueds sahariens ([1]). Le soulèvement de l'Atlas paraît donc s'être poursuivi jusque dans des temps très récents.

Cet essai de reconstitution est forcément hypothétiqne et demanderait de longues et minutieuses vérifications. Il a toutefois le mérite de faire rentrer tous les faits connus daus un cadre valable pour l'ensemble du Maroc atlantique. Je suis loin de penser qu'il entraînera l'assentiment de tous les géologues et géographes marocains. Mais, peut-être, en provoquant la contradiction, servira-t-il à l'éclosion de nouveaux travaux qui élucideront un problème passionnant?

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Étude de la variation du rayonnement cosmique entre les latitudes 45° Nord et 38° Sud.* Note ([2]) de MM. **P. Auger** et **L. Leprince-Ringuet**, présentée par M. Maurice de Broglie.

On sait que la nature des rayonnements ultrapénétrants, dits *cosmiques* n'est pas encore déterminée avec certitude. Deux hypothèses principales sont en présence : l'une qui attribue au rayonnement primaire, c'est-à-dire à celui qui atteint les parties supérieures de l'atmosphère, une nature électromagnétique; l'autre qui attribue à ce rayonnement une nature corpusculaire. Dans le premier cas, on aurait affaire à des rayons ultragamma de quantum très élevé, dans l'autre à des électrons positifs ou négatifs de grande énergie.

L'action du champ magnétique terrestre qui se fait sentir dès une grande distance de l'atmosphère sur des corpuscules chargés, et qui est nulle pour des rayonnements électromagnétiques, peut servir à la discrimination. Les calculs qui ont été faits à ce sujet montrent que des électrons d'énergie inférieure à environ 10^{10} électrons-volts ne peuvent atteindre la surface terrestre au voisinage de l'équateur géomagnétique, et qu'il existe, pour les groupes d'électrons d'énergies inférieures, une zone interdite autour de l'équateur, zone d'autant plus large que l'énergie est plus petite.

Plusieurs auteurs ont étudié l'ionisation globale produite par les rayons cosmiques dans une chambre d'ionisation, en fonction de la latitude du lieu

([1]) Observation de M. Jacques de Lépiney.

([2]) Séance du 13 novembre 1933.

d'observation. Certains d'entre eux (Clay, Compton et ses collaborateurs) ont ainsi trouvé une diminution appréciable de cette ionisation au voisinage de l'équateur. Cette baisse a été considérée comme un argument en faveur de l'hypothèse corpusculaire.

Il nous a paru utile de faire des mesures en des points de latitudes diverses avec des appareils permettant la détection individuelle des rayons corpusculaires qui sont, au niveau de la mer, la cause directe de l'ionisation observée. Nous avons employé la méthode des coïncidences par groupes de trois compteurs du type Geiger-Müller, l'orientation du plan des compteurs permettant de choisir les corpuscules arrivant dans une direction déterminée. Des dispositifs d'amplification et d'enregistrement, analogues à ceux imaginés par Rossi, indiquaient directement le nombre de rayons qui traversaient les appareils en un temps donné.

Trois appareils ont fonctionné sans interruption pendant 65 jours, installés à bord d'un paquebot qui effectue le trajet du Havre à Buenos-Ayres et retour. Deux d'entre eux, dans lesquels les compteurs étaient assez écartés les uns des autres, dénombraient les rayons verticaux, avec ou sans filtration par 20^{cm} de plomb. Dans le troisième, les compteurs étaient plus rapprochés, ce qui donne des nombres plus considérables de coïncidences; ce dernier dispositif était orientable. L'ensemble des deux appareils 1 et 2 a enregistré 50000 rayons; l'appareil n° 3, 120000.

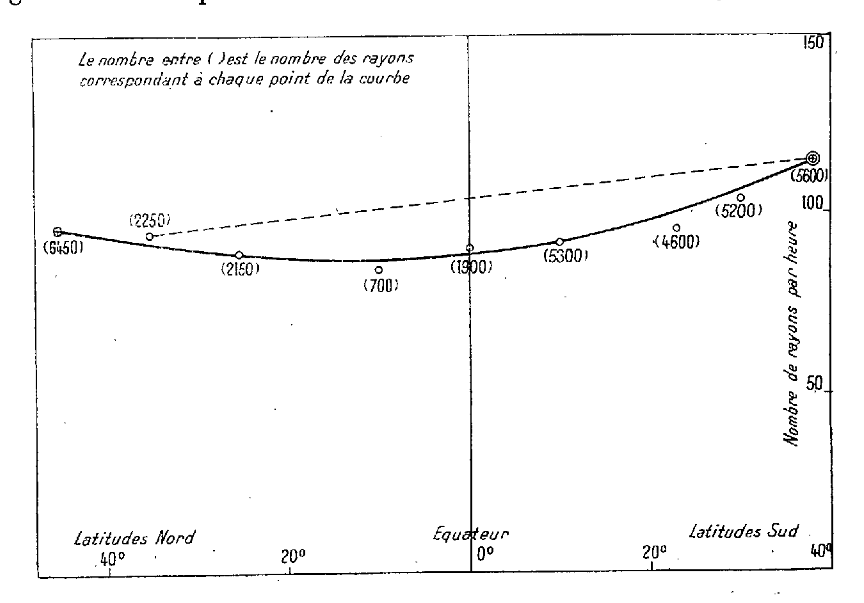
La figure représente les résultats de l'appareil n° 3 orienté verticalement, pendant la traversée de retour. Chaque point donne la moyenne du nombre de rayons observés par heure autour de la latitude indiquée en abscisse. Compte tenu de la baisse régulière en fonction du temps des indications de tous les compteurs (baisse que nos mesures ont montré être sensiblement linéaire), la courbe présente un minimum dans la région de l'équateur. La diminution du nombre de particules ionisantes arrivant verticalement à la surface de la Terre entre les latitudes 40° (Nord ou Sud) et 0° est d'environ 16 pour 100. La droite pointillée représente le vieillissement des appareils.

Les appareils 1 et 2 ont fourni des courbes analogues à l'aller et au retour. Les valeurs de l'effet de latitude obtenues avec les écrans de 20^{cm} de plomb ont été de 12 et 15 pour 100 pour l'un, de 13 et 13 pour 100 pour l'autre, ces quatre chiffres portant sur un nombre moindre d'enregistrements.

La comparaison des mesures faites avec et sans écran de plomb donne en chaque point un coefficient de filtration. Nous n'avons pas observé de

variation notable de ce rapport, qui s'est tenu au voisinage de 1,4. Si l'on doit déduire des indications données plus haut que la baisse équatoriale est moindre pour les rayons pénétrants que pour l'ensemble, cette différence est en tout cas trop faible pour que nous ayons pu mettre en évidence directement un pouvoir pénétrant moyen plus grand à l'équateur.

Signalons enfin que les courbes donnant le nombre de rayons cosmiques



en fonction de l'angle qu'ils font avec la verticale ne sont pas semblables à l'équateur et aux grandes latitudes. En particulier la symétrie entre les directions Est et Ouest, que l'on observe aux latitudes supérieures à 30°, est détruite au voisinage de l'équateur en faveur des rayons venant de l'Ouest. Ce résultat est à rapprocher des mesures de Johnson.

L'ensemble de ces résultats montre que le rayonnement cosmique est sensible à l'action du champ magnétique terrestre et que, au moins aux distances de l'ordre du rayon de la Terre, il est en partie formé de corpuscules chargés.

CHIMIE AGRICOLE. — *Sur le mode d'action des bouillies cupriques, rôle de la dessiccation.* Note de MM. **J. Branas** et **J. Dulac**, présentée par M. P. Viala.

Nous avons été amenés à distinguer, dans les bouillies cupriques, la phase dissoute [1] et la phase solide. Des mesures ont montré que la première était assez riche en cuivre au moment de la préparation des mélanges pour assurer une protection en accord avec le postulat de départ. Avant de faire intervenir la solubilité de la phase solide, on peut se demander si le cuivre, d'abord dissous, reprendra la même solubilité quand il aura été séparé de l'eau par évaporation. Le présent travail répond à cette préoccupation.

Technique. — 50^{cm^3} (correspondant à 1^g de SO^4Cu, aq.) des bouillies précédemment définies [1] (colonnes 1, 3, 5), sont versés dans des cuves en verre pyrex de 18×29^{cm}. Une série est soumise, en plein air à une évaporation brutale au soleil au cours du mois de juillet; une seconde série est placée dans les mêmes conditions au mois d'octobre, et une troisième est soumise à une évaporation très lente, en plein air mais à l'ombre, en octobre. La dessiccation demande respectivement 2 heures, 1 jour et 4 jours : ainsi deux facteurs ont joué : la vitesse et la température de dessiccation.

Huit jours après, on verse 50^{cm^3} d'eau distillée très pure [2] dans chaque cuve. La séparation du liquide et la détermination du cuivre qu'il a dissous sont faites par les procédés déjà indiqués.

Le tableau suivant contient les quantités de cuivre, exprimées en SO^4Cu, aq., contenus dans 50^{cm^3}.

	Bouillie bourguignonne.			Bouillie bordelaise.		
Base par kg SO^4 Cu aq...	$0^{kg},320$.	$0^{kg},425$.	$0^{kg},757$.	$0^{kg},168$.	$0^{kg},0225$.	$0^{kg},400$.
			Dessiccation en 2 heures au mois de juillet.			
1er lavage...........	$0^g,0005$	0	$0^g,00016$	traces	0	$0^g,0010$
2e lavage...........	0,00016	0	traces	0	0	0,0005
3e lavage...........	traces	0	0	0	0	traces

(1) *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 938. *Errata :* p. 939, ligne 19, *au lieu de* $Ca(OH^2)$, *lire* $Ca(OH)^2$; ligne 27 *au lieu de* calorimétrie, *lire* colorimétrie; ligne 29, *au lieu de* a été dosé, *lire* a été mesuré; p. 940, lignes 13 et 14, *supprimer* de la vitesse de dessiccation.

(2) Avec de l'eau distillée très pure au lieu d'eau de pluie, on évite l'influence dissolvante des divers constituants de l'eau de pluie, lesquels pourraient agir sur les dépôts.

Dessiccation en 1 jour au mois d'octobre.

	g	g	g	g		
1er lavage...........	0,05000	0,0010	0,0050	0,00160	0	traces
2e lavage...........	0,00500	0,0005	0,0016	0,00025	0	0
3e lavage...........	0,00100	0,00025	0,0010	0	0	0
4e lavage...........	0,00050	traces	0,0005	0	0	0
5e lavage...........	0,00016	0	0,00016	0	0	0
6e lavage...........	traces	0	0	0	0	0

Dessiccation en 4 jours au mois d'octobre.

1er lavage...........	0,0500	0,0010	0,0050	0	0	traces
2e lavage...........	0,0050	0,0005	0,0010	0	0	0
3e lavage...........	0,0010	0,00025	0,0005	0	0	0
4e lavage...........	0,0005	traces	0,0002	0	0	0
5e lavage...........	0,00025	traces	traces	0	0	0

On observe :

1° Que le mode de dessiccation influe profondément sur la solubilité du cuivre de la liqueur mère;

2° Que, suivant les types de bouillies et suivant le mode de dessiccation, le cuivre qui était dissous dans la liqueur mère, au moment de la préparation de la bouillie, perd, soit totalement, soit partiellement, sa solubilité.

Ce que l'on peut interpréter ainsi :

a. Dans la bouillie bourguignonne acide, il reste du SO^4Cu qui n'avait pas été précipité;

b. Dans la bouillie bourguignonne neutre, le sulfate tétracuivrique qui avait été maintenu en solution par le CO^2 reprend d'autant moins l'état dissous que ce gaz s'est davantage diffusé dans l'air, ce qui se produit plus facilement en été qu'en automne;

c. Dans la bouillie bourguignonne alcaline, la solubilité du cupricarbonate de soude diminue considérablement par dessiccation rapide à température élevée;

d. Dans les bouillies bordelaises acides, neutres et alcalines la précipitation du cuivre d'abord dissous dans la phase liquide s'est poursuivie dans cette phase aux dépens du CO^3Ca [1]. Il faut noter que, par une dessiccation brutale, la chaux en excès dans la bouillie très alcaline ne se carbonate pas complètement, ce qui conserve une alcalinité favorable au maintien de la solubilité du cuivre.

---

[1] L. Sicard, *Étude de la composition et de la préparation de la bouillie bordelaise*, 1914.

Conclusions. — Les composés cupriques, solubles au moment de la préparation de la bouillie, éprouvent par la dessiccation une rétrogradation plus ou moins importante qui les empêche de reprendre dans l'eau distillée pure la concentration primitive. Ils se rangent alors au nombre des dépôts dont la solubilité constitue un autre problème.

Ces expériences montrent qu'après dessiccation les bouillies se classent en deux catégories : celles dont les dépôts contiennent encore assez de cuivre soluble pour rendre l'eau toxique, et celles dont les dépôts n'ayant plus de cuivre soluble à l'eau pure réclament à l'eau de pluie un certain pouvoir dissolvant pour lui en céder.

CHIMIE AGRICOLE. — *Influence des anions sur la fixation et la mobilisation de l'acide phosphorique dans les sols.* Note de MM. **A. Demolon** et **E. Bastisse**, présentée par M. C. Matignon.

Les phénomènes de fixation et d'échange des cations, dans le complexe absorbant des sols, ont fait l'objet de nombreux travaux. Le rôle des anions a retenu beaucoup moins l'attention, sauf en ce qui concerne PO^4.

L'étude de la floculation de l'argile colloïdale par les sels de potassium nous a montré [1] qu'un certain nombre d'anions se comportent d'une façon singulière (PO^4 — SiO^3 — citrique — oxalique, etc.). Tous sont susceptibles de se fixer sur l'argile; nous les qualifierons d'*actifs* par opposition aux autres anions non retenus (Cl — NO^3 — SO^4 — acétique, etc.) que nous appellerons *inactifs*.

La fixation des anions actifs peut être constatée par voie directe; elle s'accompagne de l'apparition d'une alcalinité d'échange par un mécanisme comparable à celui qui donne lieu à l'acidité d'échange dans le cas des cations. Nous nous bornerons ici à examiner l'influence excercée par les divers anions sur les réactions de l'ion PO^4 dans le sol.

A. *Influence des anions sur la fixation de* P^2O^5. — 10^g de terre à briques décalcifiée par KCl ont été traités par 100^{cm^3} de PO^4KH^2 à 20 milliéq. par litre. Après 1 heure d'agitation et 12 heures de dépôt, on détermine les quantités de P^2O^5 fixé. On a comparé à la fixation ainsi observée (= 100) celles obtenues en présence de sels potassiques à anions actif et inactif, le pH étant le même dans tous les cas (pH = 5,2). On a ainsi obtenu :

---

[1] Demolon et Bastisse, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 790.

Fixation par comparaison avec le phosphate seul (= 100).

		Anions inactifs.		Anions actifs.	
		Cl.	SO^4.	Citrique.	Oxalique.
Concentration des sels ajoutés.	20 milliéq. par litre...	105	104	58	44
	50 milliéq. par litre...	116	125	49	33

Tous autres facteurs étant comparables, on constate que :

1° La présence d'un anion actif dans une solution de phosphate en contact avec le sol a pour résultat d'abaisser le taux de fixation de P^2O^5.

2° Inversement la présence d'un anion inactif élève le taux de fixation de P^2O^5.

Dans les deux cas, l'augmentation de la concentration de l'anion introduit accentue le phénomène observé.

Une interprétation de ces faits peut être trouvée dans les équilibres étudiés par Donnan, en admettant que la coexistence de deux sels inégalement diffusibles, l'un à anion actif, l'autre à anion inactif, entraîne une augmentation de la concentration du moins diffusible c'est-à-dire du premier, au contact du colloïde. Dans le cas de deux anions actifs, on observe simplement un phénomène de partage.

B. *Influence des anions sur la mobilisation de* P^2O^5 *fixé.* — On doit s'attendre à trouver des phénomènes inverses des précédents dans le déplacement par les solutions salines de l'acide phosphorique fixé par le sol.

Sur 5^g d'une terre à briques calcique, ou décalcifiée par KCl, ayant fixé P^2O^5 par contact avec des solutions de phosphates potassiques à différents pH, on fait agir 200^{cm^3} de solution neutre à 20 milliéq. par litre des sels de potassium ci-après indiqués. Les quantités de P^2O^5 mobilisé sont exprimées en pour 100 de P^2O^5 fixé :

Cation fixé................	K.	Ca.	K.	Ca.
pH des terres....	5,4.	5,4.	7,8.	7,8.
	(P^2O^5 mobilisé pour 100 de P^2O^5 fixé.)			
Chlorure.............	18,3	23,3	9,6	24,2
Sulfate...............	18,8	24,7	12,1	26,7
Citrate...............	38,3	60,1	25,3	70,6
Oxalate..............	36,6	53,2	23,3	68,4

On constate que, dans tous les cas, les anions actifs donnent lieu à une mobilisation de P^2O^5 supérieure à celle observée pour les anions actifs.

C. *Conséquences agronomiques.* — L'insolubilisation de P^2O^5 des phos-

phates solubles s'effectuant très rapidement en surface, on peut prévoir que pour favoriser sa pénétration en profondeur, il y a lieu d'éviter les mélanges avec les sels à anions inactifs qui accélèrent sa fixation. L'expérience directe a pleinement confirmé ce point de vue.

SiO^3 se comporte comme un anion actif. L'hydrosol de silice dans les terres alcalines et le silicate de potasse dans les terres acides donnent lieu à une mobilisation importante de P^2O^5 fixé. Or, il a été souvent observé que l'addition de silicate au sol accroît les rendements; on constate en même temps une augmentation de P^2O^5 absorbé par les récoltes. Ce phénomène a donné lieu à diverses interprétations de caractère hypothétique ([1]). Les faits établis plus haut démontrent qu'il doit être attribué non pas à une action stimulante sur la plante, mais à une mobilisation des réserves du sol.

Les acides humiques dont nous avons démontré la fixation sur l'argile ([2]) constituent également des anions très actifs. Ces substances jouent pratiquement un rôle important dans la mobilisation des formes passives de l'acide phosphorique dans les sols de culture.

ZOOLOGIE. — *Un nouveau type de Poissons de la famille des Gobiidés* (Syrrhothonus Charrieri, *n. g.*, *n. sp.*). Note de M. **Paul Chabanaud**, présentée par M. Maurice Caullery.

En dépit des investigations dont elle ne cesse de faire l'objet, principalement en ce qui concerne la grande famille des Gobiidés, à laquelle M. F. de Buen consacre de savantes études, la faune ichthyologique marocaine vient de livrer à la Science une espèce totalement inédite, capturée sur le littoral de Tanger, par M. Henri Charrier ([3]). Je nomme la forme remarquable dont ce Gobiidé devient le type, *Syrrhothonus Charrieri*, n. g., n. sp. ([4]).

Le type, jusqu'ici unique, de *Syrrhothonus Charrieri* est un mâle, d'une longueur totale de 53^{mm}. Il possède les caractéristiques générales du

---

([1]) Hall et Morison, *Proc. Roy. Soc.*, 77, 1906, p. 455; Lemmermann, *Zeits. Pflanz.*, B. 1928, p. 434; Nemec, *Bioch. Zeits.*, **190**, 1928, p. 42; Thomas, *Science*, n° **1842**, 1930, p. 442.

([2]) Demolon et Barbier, *Comptes rendus*, **188**, 1929, p. 654.

([3]) Matériel transmis au Laboratoire des Pêches coloniales du Muséum, par M. R. Ph. Dollfus, Secrétaire de l'Office de Faunistique du Maroc.

([4]) Σύν, ῥώθων (narine).

groupe des *Gobiinae*, autrement dit celles du genre *Gobius*, lato sensu, bien que se séparant non seulement du genre *Gobius*, mais encore de toutes les espèces décrites de la famille des Gobiidés, par la fusion en un seul orifice des deux narines du même côté de la tête.

Les caractères qui apparentent *Syrrhothonus Charrieri* aux *Gobius* proprement dits sont les suivants : les deux mâchoires respectivement armées d'une large bande de dents subulées, petites et mobiles; les yeux grands, latéraux, rétrécissant fortement l'espace interorbitaire; la membrane branchiostège soudée à l'isthme, un peu en dedans de la base des pectorales; les deux dorsales séparées l'une de l'autre; la caudale subtronquée; les pelviennes fusionnées en un large disque, libre et muni d'un pli membraneux basilaire, développé jusqu'au sommet des deux épines, qui sont courtes. Les nageoires ont pour formule : D.VI-I 9; A.I 9; C.9 + 15 + 10; Pect. 18; Pelv. I 5. La tête est totalement dépourvue d'écailles, ainsi que la partie antérieure de la région abdominale, sur les flancs, jusqu'à l'aisselle des pectorales et, sur le dos, jusqu'à la base du 6[e] rayon de la dorsale antérieure.

Par sa cyatotaxie, qui comprend les pores muqueux σ, λ, $\varkappa$, α, γ, δ, ε, ρ, ρ', ρ'', mais non le pore ω, ainsi que, entre autres séries de papilles, les suboculaires longitudinales *a*, *b*, *c* et *d* et les transversales 1 à 5, *Syrrhothonus charrieri* pourrait être apparenté aux *Pomatoschistus* (Gill) de Buen, s'il ne se séparait de toutes les formes connues, tant européennes qu'américaines ou indo-pacifiques, par la structure toute spéciale de sa région nasale : les deux narines du même côté sont réunies en un orifice commun, en forme de fente longitudinale, obturé, sur la majeure partie de son étendue, par un double processus membraneux, mobile, garnissant les deux bords de la fente. Cet orifice nasal est percé dans un renflement préoculaire, limité postérieurement par la surélévation en une carène saillante, du segment pleurethmoïdal de l'orbite. A son extrémité la plus voisine de l'œil, la fente nasale devient subcirculaire et cesse d'être rebordée; cette extrémité postérieure de l'orifice nasal correspond à la narine postérieure des espèces pourvues de deux narines distinctes, mais ouverte contre la carène préoculaire, c'est-à-dire beaucoup plus près de l'œil que chez les Gobiidés typiques.

En outre, la bouche est extrêmement oblique; la symphyse prémaxillaire et la symphyse mandibulaire sont situées au niveau de la région frontale, tandis que l'extrémité viscérale du maxillaire ne dépasse pas l'aplomb du bord rostral de l'orbite.

Carène préoculaire et surtout fusion des deux narines en un seul orifice sont sans exemple connu dans la famille entière des *Gobiidae*.

L'hypothèse est improbable d'un transport accidentel de ce poisson par le courant profond W-E, remontant à l'approche du seuil de Gibraltar, car elle supposerait à *Syrrhothonus Charrieri* des habitudes, sinon abyssales du moins benthiques, par trop en désaccord avec les mœurs bien connues d'une immense famille, dont tous les membres fréquentent les eaux littorales, de faible profondeur, et dont un grand nombre peuplent même les eaux douces des fleuves ou des lacs.

Il ne peut s'agir, dans le cas présent, que d'une étroite localisation, peut-être à caractère relicte, non sans analogie avec le confinement de certains Poissons sédentaires (*Synaptura lusitanica* Capello, entre autres) dans la baie de Sétubal ou dans le golfe de Cadix ([1]).

ZOOLOGIE OCÉANOGRAPHIQUE. — *Présence d'*Anotopterus pharao *Zugmayer dans l'estomac de Germons*. Note de M. **R. Legendre**, présentée par M. L. Lapicque.

Anotopterus pharao est un Poisson d'aspect singulier dont on ne connaissait jusqu'ici que deux individus. Le premier fut recueilli le 4 septembre 1910 par la *Princesse Alice*, au large du cap Saint-Vincent (36°54′N et 11°49′W) dans un filet Bourée remonté de 5 100ᵐ en surface; il fut décrit l'année suivante par Zugmayer ([2]) qui en fit un genre nouveau et créa pour lui une famille, celle des *Anotopteridæ* ([3]). Le second fut pris à Madère en 1926, lors d'une pêche à la ligne de fond; remis au Musée de Monaco, il fut étudié par Roule ([4]) en 1927.

Les contenus d'estomacs de Germons m'ont fourni récemment quatre nouveaux exemplaires de cette espèce. Le premier fut apporté le 6 août 1931 par un thonnier de Concarneau revenant de pêcher à 180 milles environ dans le sud-ouest de Penmarc'h. Au début de juillet 1933, le deuxième tomba sur le pont de la gueule d'un Germon hissé à bout de ligne à quelques 80 milles au sud-ouest de Concarneau. Le même mois,

---

([1]) Voir à ce sujet Chabanaud, *Mémoires de la Société des Sciences naturelles du Maroc*, 35, 1933, p. 97 et suiv.

([2]) *Bull. Inst. océanogr.*, 193, 1911.

([3]) E. Zugmayer, *Résul. camp. scient. du Prince Albert de Monaco*, XXXV, 1911.

([4]) *Bull. Inst. océanogr.*, 497, 1927.

j'en reçus deux autres provenant de lieux de pêche situés, l'un entre 45°20' et 46°40' N, 7 et 9° W, l'autre à 250 milles environ W-S-W de Penmarc'h.

L'individu de Zugmayer mesurait 165^{mm}, celui de Roule 293^{mm}. Les quatre nouveaux n'ont que 137^{mm}, 151^{mm}, 153^{mm}, 158^{mm} de long; ils n'avaient donc pas terminé leur croissance.

Leur état de fraîcheur a permis de noter leur coloration : noirâtre sur le dos, bleu d'acier sur les flancs, argentée sur le ventre; l'iris est bleu, l'opercule bleu d'acier, la région voisine du dos piquetée de taches brunes, le museau est gris clair, les mâchoires bordées d'une bande noire, la mandibule marquée d'une autre traînée noire longitudinale.

Ces rencontres étendent largement vers le Nord, jusqu'au 47° de latitude, l'aire géographique de l'espèce. Elle apparaît ainsi en été comme un hôte de l'Atlantique oriental tempéré, au large du golfe de Gascogne, de la péninsule ibérique et du Maroc.

Le corps filiforme, l'énorme tête prolongée par une sorte de bec longuement endenté font de l'*Anotopterus* un Poisson étrange qu'on ne sait guère où placer. Ses formes, comme ses couleurs, rappellent celles d'espèces de haute mer, connues surtout depuis les expéditions océanographiques et que l'on considère volontiers comme vivant aux grandes profondeurs et adaptées à ce milieu spécial.

Mais le fait que le premier individu fut trouvé dans un filet remonté ouvert de 5100^{m} jusqu'en surface ne fournit aucune indication du niveau où il fut capturé. L'état de conservation des individus trouvés dans des estomacs de Germons indique qu'ils venaient d'être ingérés au moment où le Thunnidé mordit à l'hameçon, à fleur d'eau. Ces rencontres, jointes à toutes celles de Poissons à organes lumineux, tels que *Maurolicus Pennanti*, *Sternoptyx diaphana*, *Argyropelecus olfersi*, Myctophidés divers, recueillis dans les mêmes conditions (¹), obligent à reviser les notions courantes sur les caractères de prétendue adaptation des Poissons à la vie abyssale. *A. pharao* apparaît comme un Poisson pélagique vivant au large, au-dessus de grandes profondeurs, mais tout près de la surface, au moins à certains moments.

Le petit nombre de ses captures pourrait provenir bien plus de la lenteur de déplacement des engins de pêche et de la vitesse de sa nage que de sa rareté réelle. A ce point de vue, le Germon est un auxiliaire particulièrement précieux des recherches zoologiques au grand large.

(¹) Legendre, *Arch. Zool. expérimentale et générale*, 74, 1932, p. 531-450.

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur les anomalies de la vision des couleurs.* Note de M. **Polack**, présentée par M. Ch. Fabry.

J'ai montré (¹), que la théorie trichromatique ne s'accorde pas avec les faits et doit être abandonnée ainsi que la terminologie qui en dérive.

Pour ne rien préjuger de la nature des anomalies de la vision chromatique, je désigne les quatre types de ces anomalies par les noms des auteurs qui les ont décrits.

La trichromasie anomale devient ainsi le type Rayleigh, la cécité pour le vert, le type Nagel, la cécité pour le rouge, le type Dalton et l'achromatopsie totale, le type Daubeney-Huddart.

Dans la théorie trichromatique, l'anomalie du type Rayleigh ne trouve pas de définition précise. Certains auteurs la confondent même avec le Daltonisme dont elle diffère essentiellement et la décrivent sous la dénomination de daltonisme relatif.

Dans la nouvelle orientation d'idées qui fait l'objet de la Note précitée, cette confusion ne peut se produire. Le type Rayleigh y est nettement défini; il diffère de la vision normale par sa courbe de répartition de luminosité dans le spectre. Quant aux régions unitonales, régions où le ton ne varie pas, elles ne sont pas modifiées, leurs limites ne dépassent pas la longueur d'onde 640 ou tout au plus $635^{m\mu}$ en partant de l'extrémité rouge et 445 du côté du violet.

Le sens chromatique, c'est-à-dire la faculté de distinguer les couleurs par leur ton, est donc conservé; seul le rapport de leur luminosité, leur dosage physiologique est altéré.

Cependant, à la lecture des tables pseudo-iso-chromatiques (²) le type Rayleigh ne se comporte guère mieux que le daltonien du type Nagel.

(¹) *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 1003.

(²) On appelle de ce nom impropre des planches en couleurs destinées à l'examen de la vision chromatique et composées de petites taches diversement colorées, les unes formant un chiffre ou une figure quelconque, les autres remplissant le fond.

Certaines de ces planches sont déchiffrées quelle que soit la vision chromatique, d'autres ne peuvent l'être que si la vision chromatique est normale, les troisièmes, au contraire, sont déchiffrées seulement dans le cas d'anomalie de cette vision, les quatrièmes subordonnent la possibilité du déchiffrage au type de l'anomalie et dans les cinquièmes l'œil mormal voit un chiffre, tandis que l'œil, atteint d'anomalie, voit un autre tout à fait différent et invisible pour le normal.

Ce fait est intéressant à noter; il éclaire le mécanisme des tables en question, en montrant que celui-ci dépend plus du rapport de luminosité des couleurs que de leur iso-chromatisme apparent. La dénomination est donc mal choisie et prête à confusion : les tables pseudo-iso-chromatiques n'interrogent pas directement le sens chromatique proprement dit tel qu'il a été défini plus haut, mais plutôt le rapport de visibilité ou de luminosité des couleurs qui les composent.

Cette mise au point est nécessaire pour éviter les fausses interprétations auxquelles la nouvelle méthode d'examen a donné déjà lieu.

Dans la théorie trichromatique il est impossible d'établir une transition, d'indiquer les formes intermédiaires entre le système chromatique normal et le type Rayleigh, ni entre ce dernier et le daltonisme. Cette difficulté ne se présente pas dans la nouvelle conception qui consiste à caractériser la vision chromatique par deux facteurs : la position du maximum lumineux dans le spectre et l'étendue des régions unitonales.

A l'état normal ce maximum se trouve localisé dans le jaune verdâtre. Lorsqu'il se déplace, on observe l'anomalie du type Rayleigh d'autant plus accusée que le déplacement est plus considérable. Lorsqu'à ce déplacement s'ajoute l'extension des régions unitonales, on a les divers degrés de daltonisme.

En résumé, les théories classiques se sont montrées impuissantes à définir et à situer l'anomalie du type Rayleigh. La nouvelle manière de voir en donne au contraire une définition précise et forme avec la vision chromatique normale et ses diverses anomalies une série continue.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Précipitation des protéides par les sels neutres.* Note de MM. **G. Sandor**, **A. Bonnefoi** et **J. J. Pérez**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

La précipitation des protéides naturels par les sels neutres fut surtout étudiée par Fr. Hofmeister, qui compara cette précipitation à un processus de déshydratation et supposa que la solubilité des protéides naturels dans l'eau est due à l'existence de couches d'hydrates stabilisantes. Depuis, nos connaissances sur la physicochimie des solutions en général et sur celles des solutions protéidiques en particulier ont beaucoup évolué et les travaux de J. Loeb ont montré combien les solutions protéiques se rapprochent des solutions de cristalloïdes. La cause de la précipitation des protéides naturels par les sels neutres est encore inconnue et nous l'avons recherchée.

M. A. Machebœuf a démontré que les albumines du sérum sont précipitées quantitativement en milieu acide (pH 3,8) par une concentration en sulfate d'ammonium bien inférieure à la saturation. Ce fait nous a conduit à étudier la précipitation des protéides du sérum par le sulfate d'ammonium en fonction du pH.

1° *Séparation des globulines et des albumines.* — A un volume déterminé de sérum de cheval, nous avons ajouté un volume égal d'une solution saturée et neutre de sulfate d'ammonium et nous avons éliminé les globulines par centrifugation; celles-ci furent ensuite dissoutes dans un volume d'eau distillée égal aux 2/3 du volume du sérum et précipitées à nouveau par le même volume de solution saturée de sulfate d'ammonium. Les globulines ont enfin été dissoutes dans un volume d'eau distillée égal aux 2/3 du volume du sérum.

Nous avons, d'autre part, ajouté aux eaux mères de précipitation des globulines, contenant les albumines du sérum, 10 pour 100 de leur volume d'une solution saturée et neutre de sulfate d'ammonium.

Nous avons déterminé séparément par la méthode potentiométrique les variations du pH de ces solutions en fonction de volumes variables d'acide sulfurique N/5.

2° *Étude des globulines.* — A des volumes aliquotes de la solution des globulines, nous avons ajouté des volumes variables d'acide sulfurique N/5 contenant du sulfate d'ammonium au quart de saturation, et toutes les prises furent complétées au même volume par une solution de sulfate d'ammonium au quart de saturation. Les précipités formés furent séparés par centrifugation au bout de 10 minutes, puis leur azote protéidique dosé. A cet effet, nous avons dissous les précipités dans l'eau distillée et précipité par de l'acide trichloracétique 5 fois de suite pour éliminer le sulfate d'ammonium, puis nous avons dosé l'azote par la méthode de Kjeldahl. Ci-après nous réunissons les chiffres obtenus dans l'une de nos expériences; ils représentent les quantités d'azote protéidique précipitées en fonction du pH pour une concentration déterminée en protéides et en sulfate d'ammonium :

pH.	8,12.	7,38.	6,55.	6,04.	4,66.	4,35.	3,64.
N pour 100 en milligr.....	5,4	4,25	3,35	3,35	4,7	6,33	19,7

3° *Étude des albumines.* — Les albumines furent traitées comme les globulines, mais avec une solution d'acide sulfurique N/5 dans l'eau distillée, et complétées au même volume avec de l'eau distillée. Nous avons obtenu les chiffres suivants :

pH.	7,08.	6,52.	6,04.	4,83.	4,54.	4,10.	2,88.
N pour 100 en milligr.....	2,1	3,93	1,42	6,21	12,74	16,21	19,53

Deux faits importants résultent de ces expériences :

a. La précipitation des protéides naturels par les sels neutres n'est pas due à une précipitabilité isoélectrique; la solubilité passe tout au contraire par un maximum au point isoélectrique (pH 6) pour les globulines et est encore excessivement élevée au point isoélectrique (pH 4,8) pour les albumines.

b. La courbe de solubilité montre un accident très net dans le cas des albumines. La solubilité commence par diminuer, puis elle augmente, pour diminuer de nouveau; elle passe ainsi par un premier maximum net à pH 6,6. Ce fait est constant pour le sérum de cheval.

La précipitabilité des protéides naturels par des sels neutres nous apparaît ainsi comparable à celle des ampholytes classiques. Le sulfate d'ammonium précipite les protéides parce que les sulfates de protéides sont des sels peu solubles, ils précipitent donc quand leur dissociation diminue par l'excès d'anions sulfates ou de cations d'hydrogène. Les protéides sont maintenus en solution par les mêmes forces que celles qui dispersent les cristalloïdes. La courbe de solubilité accidentée des albumines montre en outre que ces protéides ne sont pas des ampholytes simples, mais vraisemblablement des mélanges de plusieurs espèces chimiques.

La séance est levée à 16h.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 6 novembre 1933.)

Note de M. *A. Rousset*, La diffusion de la lumière et les rotations des molécules dans les liquides :

Page 1034, ligne 4, *au lieu de* tranches, *lire* branches.

Page 1035, ligne 16, *au lieu de* $2A_{i_0}$, *lire* $2A/i_0$.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 27 NOVEMBRE 1933.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES RICHET.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Enriques Hauser**, Membre de l'Académie des Sciences de Madrid, qui assiste à la séance.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Étude sur la probabilité des séries de jours de pluie ou de beau temps.* Note de M. **Émile Borel**.

C'est un fait bien connu que, dans nos climats, les jours de pluie et les jours de beau temps (on peut appeler ainsi les jours où la pluie est nulle) forment souvent des séries assez longues ; on dira couramment que le temps est au beau ou, au contraire, qu'il est pluvieux et l'on a le sentiment que ces séries ont une certaine tendance à persister. Il m'a paru intéressant de soumettre la question au calcul et, pour cela, de faire relever les séries de jours de pluie et de jours de beau temps pendant 50 ans, en choisissant une période de l'année pendant laquelle la probabilité d'un jour de pluie est voisine de 0,5. La période choisie a été celle du 1er octobre au 31 janvier, période assez homogène au point de vue du climat dans la région parisienne.

La probabilité d'un jour de pluie est environ 0,52 pour cette période. M. Brazier, directeur de l'Observatoire du Parc Saint-Maur, a bien voulu, avec l'autorisation de notre confrère M. Maurain, directeur de l'Institut de Physique du Globe, faire exécuter sous sa direction les relevés sous la forme que je lui avais indiquée et vérifier lui-même avec soin leur exactitude. Qu'il me soit permis de lui adresser mes bien vifs remerciements.

Lorsque l'on dénombre les séries de jours de pluie ou de beau temps qui

se succèdent pendant la période du 1er octobre 1912 au 31 janvier 1913, par exemple, il convient d'observer que la série qui se présente au début d'octobre et celle qui se présente à la fin de janvier peuvent être des séries incomplètes, puisqu'elles se prolongent peut-être, soit à la fin de septembre, soit au début de février. Il aurait été possible de rechercher s'il en est effectivement ainsi, mais on aurait été ainsi conduit à faire porter la statistique sur une période variant chaque année. Il a paru préférable de se former strictement à la période de 123 jours envisagée et de dénombrer à part les séries incomplètes. Dans les tableaux ci-après, l'indication 83 + 4 signifie qu'il y a 83 séries complètes et 4 séries incomplètes.

Voici les résultats des observations par périodes de 10 ans et pour la période de 50 ans.

Nombre de séries de jours de pluie du 1er octobre au 31 janvier (Parc Saint-Maur).

Nombre de jours de la série.	1874-1883.	1884-1893.	1894-1903.	1904-1913.	1914-1923.	Total 1874-1923.
1.......	83+4	84+3	79+4	69+3	63+3	378+17
2.......	42+1	40+5	49+1	45+2	43+6	219+15
3.......	32	28+2	23+2	22+3	30	140+ 7
4.......	17	10	14+1	28+2	24+1	93+ 4
5.......	14+2	16	12	8+1	10	60+ 8
6.......	8	10	7	7	10	42
7.......	8	5	3	8	7	31
8.......	3	6	5	2	5	21
9.......	1	0	2	5	1	9
10.......	2	0	1	3	2	8
11.......	1	1	0	0+1	1	3+ 1
12.......	3	1	0+1	3	1	8+ 1
13.......	1	0	0	2	1	0
14.......	1	1+1	0	0	2	4+ 1
15.......	0	1	1	0	—	2
16.......	0	0	—	1	—	1
17.......	0	0	—	0	—	0
18.......	1	0	—	0	—	1
19.......	—	0	—	0	—	0
20.......	—	0	—	0	—	0
21.......	—	0	—	0	—	0
22.......	—	0	—	0	—	0
23.......	—	—	—	1	—	1
24.......	—	—	—	—	—	0
....	.	.	.	.	.	0
....	.	.	.	.	.	.
36.......	—	0+1	—	—	—	0+1

Nombre de séries de jours de beau temps du 1er octobre au 31 janvier (Parc Saint-Maur).

Nombre de jours de la série.	1874-1883.	1884-1893.	1894-1903.	1904-1913.	1914-1923.	Total 1874-1923.
1......	92+7	100+4	84+4	96+4	102+4	474+23
2......	48+2	40+3	38+2	46+1	33+1	205+ 9
3......	28	17	26+2	18	22+2	111+ 4
4......	17	10	13	13+1	12	65+ 1
5......	9	9	12	14+1	8+2	52+ 3
6......	10+1	6	2	6	9	33+ 1
7......	5+2	6	5+1	3	1	20+ 3
8......	2+1	4	4+1	5	4+1	19+ 3
9......	2	3	2	0+1	6	13+ 1
10......	–	2	4+1	0	1	7+ 1
11......	–	3+1	1	0	0	5+ 1
12......	–	0	3	1	0	4
13......	–	2	1	0	1	4
14......	–	2	1	1	0	4
15......	–	0	0	1	0	1
16......	–	0	1	0	0	1
17......	–	1	1	0	1	3
18......	–	–	0	0	0	0
19......	–	–	0	0	0	0
20......	–	–	0	1	0	1
21......	–	–	1	–	0	1
22......	–	–	0	–	1	1
23......	–	–	0	–	–	0
24......	–	–	0	–	–	0
25......	–	–	1	–	–	1

La seule inspection de ces tableaux montre que la répartition des séries est fort différente de ce qu'elle serait si les jours de pluie ou de beau temps étaient déterminés par un tirage au sort dans une urne renfermant 52 boules noires (pluie) et 48 boules blanches (beau temps).

Si l'on se bornait aux séries complètes, on constaterait que leur nombre est 1025 pour chacune des catégories (pluie et beau temps), c'est-à-dire à une unité près, 2^{10}. On devrait donc s'attendre, si la probabilité était exactement 0,5 comme au jeu de pile ou face, à obtenir (avec, bien entendu, quelques écarts fortuits en plus ou en moins), $2^{10-\alpha}$ séries de α jours de pluie et autant de séries de jours de beau temps. Il y a donc certainement une tendance à la persistance des séries. J'indiquerai, dans une prochaine Note, comment on peut préciser numériquement l'importance de cette tendance.

PHYSIQUE INDUSTRIELLE. — *Sur de nouveaux progrès dans l'éclairage par luminescence.* Note [1] de M. **Georges Claude.**

Dans une Communication précédente [2], j'ai rendu compte de perfectionnements apportés à mon procédé d'éclairage par la combinaison de tubes à décharge à néon et à mercure.

Ces progrès concernaient notamment l'amélioration du rendement lumineux par l'emploi de très basses pressions de gaz rares, grâce à des électrodes spéciales assurant la longue durée des tubes, et l'utilisation pratique de l'alimentation sous basse tension.

Toutefois, la lumière produite, avec une consommation voisine de 0,4 watt par bougie, présente une lacune assez sensible dans le bleu.

Des études nouvelles, effectuées par M. André-N. Claude avec la collaboration de MM. Delrieu et Lecorguillier [3], viennent de permettre notamment d'améliorer encore la qualité de cette lumière qui peut devenir tout à fait voisine de celle du jour.

Le procédé consiste à rectifier la lumière produite par l'excitation de la vapeur de mercure au moyen de substances luminescentes appropriées comme le sulfure de zinc.

De nombreux travaux, qui trouvent leur origine lointaine dans l'introduction de substances phosphorescentes à l'intérieur des tubes de Gessler, ont été effectués dans cette direction sans qu'il en ait résulté jusqu'ici, semble-t-il, des résultats pratiques.

Il est, en effet, très difficile d'assurer une persistance suffisante des effets de luminescence, les substances en question étant rapidement souillées par le mercure et pouvant, en outre, dégager des gaz. En sorte que différents procédés ont été imaginés, notamment ceux de Rissler, qui consistent à déposer les matières luminescentes sur la paroi extérieure du tube.

Or, à la suite des travaux de MM. Koch, il est maintenant possible d'introduire ces substances à l'intérieur même des tubes à décharge, où leur action est bien plus efficace, et d'atteindre industriellement, sans la moindre atténuation des effets de luminescence, des durées de plusieurs milliers d'heures. La méthode consiste essentiellement à fixer d'une manière

---

(1) Séance du 20 novembre 1933.

(2) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 2253.

(3) Laboratoire des établissements Claude-Paz et Silva.

tenace le sulfure de zinc, par exemple, préparé en poudre très fine, contre la paroi intérieure du tube en un film infiniment mince et régulier au moyen d'un liant provisoire comme la glycérine qu'on évacue ensuite par la chaleur.

En combinant la nature de la substance luminescente et la couleur du verre, il est possible de réaliser des tubes présentant les coloris les plus variés : on peut notamment obtenir l'effet assez curieux d'une lumière rouge carmin avec un tube à vapeur de mercure.

D'autre part, nous avons reconnu qu'un enduit convenable de sulfure de zinc réalisé dans un de nos tubes à mercure et gaz rares, permet d'abaisser la consommation spécifique à environ 15/100e de w. par bougie.

Or, un tel tube, produisant une belle lumière vert jade, associé en série avec un de nos tubes à basse pression de néon, fournit une lumière très blanche, avec une consommation spécifique totale qui peut être inférieure à 3/10e de w. par bougie.

Le tube à néon peut être avantageusement construit avec des verres opalins : la lumière obtenue est très douce et se trouve naturellement diffusée, ce qui permet l'utilisation directe de ces groupes de tubes sans l'intervention de systèmes diffusants spéciaux qui absorbent de l'énergie.

Il est possible par ces procédés de fabriquer de tels tubes dans tous les diamètres et suivant toutes les formes désirables.

De telles combinaisons de tubes luminescents à mercure et de tubes à néon à basse pression de gaz peuvent donc se prêter à toutes les applications d'éclairage, décoratif, domestique, public, industriel en réunissant des qualités de lumière et d'économie qui ne semblent pas avoir été atteintes jusqu'ici dans ces conditions.

Dans une prochaine Note j'exposerai les résultats nouveaux des recherches de M. André-N. Claude et de ses collaborateurs sur l'alimentation en courant basse tension rendant possible la réalisation de sources unitaires de toute puissance, de quelques watts à plusieurs kilowatts.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'hydrogénation catalytique de l'anhydride trifluoracétique et sur l'alcool trifluoré.* Note [1] de M. **Fred. Swarts.**

L'hydrogénation catalytique de l'anhydride trifluoracétique $(CF^3.CO^2)O$ en présence du noir de platine se fait en phase liquide, à froid et sous pres-

[1] Séance du 13 novembre 1933.

sion selon le processus décrit par Sabatier et Mailhe [1] : il se produit essentiellement du trifluoracétate de trifluoréthyle $CF^3CO^2.CH^2.CF^3$, et de l'acide trifluoracétique. Je n'ai pu constater trace de production d'aldéhyde.

J'ai effectué l'hydrogénation, soit sur l'anhydride trifluoracétique pur, soit sur sa solution dans l'oxyde de butyle : l'opération fut exécutée dans une bombe fixée sur un chariot permettant une agitation énergique; l'hydrogène fut introduit sous une pression de 45 à 50^{atm}.

Dès que l'appareil à agiter est mis en marche, la pression tombe de plusieurs atmosphères par minute et la réaction est assez exothermique pour élever de 20° à 40° la température de l'appareil qui pèse plusieurs kilogrammes. Elle se ralentit à mesure que la pression baisse, mais sans s'arrêter complètement, même à la pression atmosphérique; dans ces conditions l'hydrogénation de 100^g d'anhydride trifluoracétique peut se faire en une demi-heure.

Dans les premières expériences, j'ai laissé échapper lentement l'hydrogène restant sans prendre d'autre précaution que de lui faire traverser un tube condenseur refroidi vers 25°, de manière à retenir éventuellement les vapeurs d'alcool trifluoré ou de son éther.

Le produit d'hydrogénation renferme du trifluoracétate de trifluoréthyle, de l'alcool trifluoré CF^3CH^2OH et de l'acide trifluoracétique; la séparation des deux derniers par distillation est irréalisable. Elle devient aisée en présence d'oxyde de butyle qui forme avec l'acide trifluoracétique un mélange azéotropique bouillant à 144°, renfermant 26,3 pour 100 d'acide. On peut récupérer ainsi tout l'acide trifluoracétique dans les produits de queue de la distillation; il est aisé de le séparer de l'oxyde de butyle, par traitement au carbonate de sodium. Le produit le plus volatil est le trifluoracétate de trifluoréthyle, qui passe de 52° à 55°,5 : puis entre 74° et 76° distille l'alcool trifluoré. Le thermomètre s'élève ensuite rapidement à 139°, point d'ébullition de l'oxyde de butyle, et enfin à 144°.

Le principal produit d'hydrogénation est le *trifluoracétate de trifluoréthyle* qu'une rectification permet d'obtenir à l'état pur. Il bout à 55°,0 sous 760^{mm} et fond à — 65°,5. Densité à 0°, 1,5179; à 18°, 1,4725. Viscosité à 20°, 0,006719; à 40°, 0,005067. Son pouvoir réfringent est exceptionnellement faible: à 18°, $n_\alpha = 1,2799$; $n_D = 1,2812$; $n_{Hg_{546}} = 1,2823$.

Il est saponifié très rapidement au contact de l'eau, même à froid, ce qui

---

(1) SABATIER et MAILHE, *Comptes rendus*, 145, 1907, p. 13.

permet d'obtenir aisément l'alcool trifluoré par hydrogénation sans intervention d'un dissolvant. Le produit brut est traité par l'eau glacée; on ajoute ensuite du carbonate de soude jusqu'à neutralisation persistante.

La solution aqueuse est distillée; l'alcool trifluoré passe à la distillation entre 74° et 76°; après dessiccation sur le chlorure de calcium, qui ne se dissout guère dans l'alcool, une rectification soignée fournit l'acool pur qui bout à 74°,05. Point de fusion — 43°,5. Densité à 0°, 1,4106; à 22°, 1,3739. Viscosité à 20°, 0,01996; à 60°, 0,00796. Indice de réfraction à 22°, $n_\alpha = 1,2896$; $n_D = 1,2907$; $n_\beta = 1,2934$.

Il est miscible à l'eau en toutes proportions, mais est peu soluble dans les solutions d'acide sulfurique quelque peu concentrées. Il ne se combine pas au chlorure de calcium.

Il réagit lentement sur le carbonate de potassium pour former un alcoolate, de même sur la chaux.

L'alcool trifluoré n'est oxydé que lentement en solution aqueuse par l'acide chromique en présence d'acide sulfurique : il ne se fait pas d'aldéhyde, même lorsqu'on opère avec un fort excès d'alcool et l'on obtient uniquement de l'acide trifluoracétique.

L'acide bromhydrique gazeux n'éthérifie pas l'alcool trifluoré, mais, par l'action du pentabromure de phosphore, j'ai isolé le *trifluoro*-1.1.1-*bromo*-2-*éthane* $CF^3.CH^2Br$, liquide bouillant à 26°,5; densité à 17°,5 : 1,8383.

L'éthérification de l'alcool bifluoré par l'acide sulfurique concentré ne se fait que difficilement : j'ai traité l'alcool par 3 fois son poids d'acide; après 2 heures de contact j'ai chauffé à 140° et ai récupéré un tiers de l'aloool mis en œuvre. Le mélange restant fut versé sur de la glace et neutralisé par un excès de carbonate de baryum. Après filtration, j'ai évaporé la solution à froid dans un exsiccateur à vide et obtins une cristallisation en lamelles blanches de *trifluoréthylesulfate de baryum* hydraté $Ba[(C^2F^3O)SO^4]^2.H^2O$. Ce sel est peu robuste; si l'on chauffe sa solution, il se décompose en sulfate de baryum, acide sulfurique et alcool trifluoré.

L'*acétate* de *trifluoréthyle* s'obtient par l'action du chlorure d'acétyle sur l'alcool. Il bout à 77°,85. Densité à 0°, 1,2887; à 16°, 1,2595. Viscosité à 20°, 0,006987; à 50°, 0,004676. Indice de réfraction à 16°, $n_\alpha = 1,32058$; $n_D = 1,32191$; $n_\beta = 1,32517$; $n_\gamma = 1,3273$.

Les équations suivantes représentent l'ensemble du processus d'hydrogénation de l'anhydride trifluoracétique :

$$(CF^3.CO)^2O + 2H^2 = CF^3.CO^2H + CF^3.CH^2OH,$$
$$CF^3.CH^2OH + (CF^3CO)^2O = CF^3CO.O.CH^2CF^3 + CF^3CO^2H.$$

Le traitement subséquent par l'eau régénère l'alcool trifluoré aux dépens de l'éther trifluoracétique en engendrant une troisième molécule d'acide trifluoracétique :

$$CT^3COO.CH^2CT^3 + H^2O = CT^3CH^2OH + CT^3CO^2H.$$

Si tout l'alcool trifluoré était éthérifié le rendement théorique serait de 25 pour 100; comme une partie de l'alcool, d'ailleurs faible, échappe à l'éthérification, ce rendement est minimum. Or dans les expériences les plus favorables, je n'avais obtenu qu'un rendement de 23 pour 100 en alcool; j'ai présumé que le déficit résultait de la formation d'un produit gazeux s'échappant avec l'hydrogène lors de l'évacuation de la bombe. J'ai repris les opérations en soumettant le gaz sortant à une réfrigération très énergique. Je réussis ainsi à isoler un produit gazeux qui fut purifié par distillation et condensation fractionnée; c'est le *trifluoréthane* $CF^3.CH^3$. Il bout à $-46°,8$ et se solidifie à $-107°$. Sa température critique est comprise entre 71° et 72°. Poids du litre normal $3^g,784$. A la lumière solaire il est attaqué par le chlore, il se fait du *trichlortrifluoréthane* $CF^3.CCl^2$ qui bout à 46° et il se solidifie à $+13°$. Il est isomère du trifluortrichloréthane $CF^2Cl.CCl^2F$ que j'ai décrit récemment (¹).

La réduction catalytique jusqu'au méthyle du groupe $O=C-O$ est un phénomène remarquable dans les conditions de température et de pression auxquelles j'ai opéré.

Cette réduction de l'anhydride trifluoracétique en trifluoréthane se fait probablement sans formation intermédiaire d'alcool trifluoré, car j'ai constaté qu'une solution aqueuse de ce dernier au contact de noir de platine n'absorbe pas quantité appréciable d'hydrogène au bout de 4 mois.

J'ajouterai que j'ai également pu obtenir l'alcool trifluoré par hydrogénation en solution éthérée de la trifluoracétamide, en opérant sous une pression de 40^{atm}.

Ces recherches, en particulier l'étude de l'alcool trifluoré, sont poursuivies.

(¹) *Journal Chim. Phys.*, 28, 1931, p. 650.

GÉOLOGIE. — *Structure géologique de la fenêtre de L'Argentière au Sud de Briançon (Hautes-Alpes).* Note [1] de MM. **M. Gignoux**, **L. Moret** et **D. Schneegans**.

Au sortir du large bassin houiller de Briançon, la Durance entaille en cañon la couverture mésozoïque de ce Houiller. P. Termier le premier a montré que cette couverture se composait d'un empilement de grands plis couchés, à flancs inverses laminés, et auxquels il a donné le nom, un peu impropre, d'*écailles*. Cet empilement est lui-même replissé en synclinaux ou anticlinaux de nappes. Entre Prelles et La Roche de Rame, la Durance traverse ainsi un *anticlinal de nappes*, où les nappes inférieures apparaissent au travers de la *fenêtre de L'Argentière*, creusée dans la nappe supérieure (3e écaille de P. Termier).

Le Mésozoïque des écailles de P. Termier, couverture du Houiller briançonnais, a naturellement les *faciès briançonnais*. Le Malm, peu épais, y débute par un Argovien rouge (marbre de Guillestre), transgressif sur le Dogger, pour se continuer par des calcaires massifs blancs ou rosés, à Calpionelles; le Néocomien est inconnu; et les marbres en plaquettes (Crétacé supérieur à Rosalines = couches rouges) reposent transgressivement sur le Malm, le Dogger ou le Trias.

Le pourtour de cette fenêtre est serti par les assises de base de la troisième écaille, c'est-à-dire par le *Houiller* (ou parfois le Trias). Au contraire, dans l'intérieur de la fenêtre, et sous ce Houiller, apparaissent des terrains plus récents : ce sont d'abord des masses énormes de *marbres en plaquettes*, où P. Termier avait vu avec raison le sommet de sa deuxième écaille. Et, pour lui, tous les autres terrains de la fenêtre faisaient toujours partie de cette deuxième écaille; en particulier, apparaissant en voûte au milieu des marbres en plaquettes, il y a là un épais complexe de schistes, calcaires, conglomérats ou brèches, qu'il attribuait au *Lias* (avec brèche du Télégraphe) et considérait comme le terme le plus profond atteint par la fenêtre. Ces attributions stratigraphiques nous avaient toujours paru un peu énigmatiques lors des tournées de révision de la feuille Briançon, faites en compagnie de M. Raguin. Mais, à ce moment, nous n'avions encore trouvé aucun argument décisif pour modifier les contours du *Lias* de

---

(1) Séance du 20 novembre 1933.

P. Termier, qui figureront encore sur la deuxième édition de cette feuille.

Aujourd'hui, nous sommes conduits à proposer une interprétation tout à fait différente.

Les marbres en plaquettes du sommet de la fenêtre appartiennent bien à la deuxième écaille; et l'on retrouve encore çà et là, à leur base, des lambeaux de Malm, Dogger et Trias de cette deuxième écaille. Mais, le plus souvent, *sous les marbres en plaquettes*, apparaissent immédiatement des terrains à faciès tout à fait *étrangers au Briançonnais* (¹).

1° C'est d'abord le *Flysch*, représenté par des schistes noirs, des grès et surtout des *conglomérats* à galets bien roulés, parfois énormes, de roches cristallines, de Trias, de Dogger; ce sont ces conglomérats qui avaient été attribués par P. Termier à la brèche liasique dite du Télégraphe (La Bâtie, conduites forcées de l'usine de L'Argentière); ils représenteraient pour nous l'équivalent des poudingues des Aiguilles d'Arves, zone dans laquelle l'un de nous (²) a proposé de voir, non le prolongement exact du Flysch de l'Embrunais, mais bien une unité plus externe.

2° Puis viennent des calcschistes bien lités, secs, à cassure grise ou noire, mais à patine claire et parfois à taches violacées caractéristiques, avec Aptychus, Bélemnites et Radiolaires; l'un de nous y a récemment trouvé (au Mur des Vaudois au nord de L'Argentière) de véritables lumachelles pétries d'Aptychus. Ces assises sont identiques au *Néocomien à Aptychus*, autrefois à peu près inconnu dans les zones intra-alpines, mais que nous avons reconnu dans le soubassement externe de la nappe du Flysch (Morgon, Ancelles, Chabrières, Châteauroux) (³).

3° Ce Néocomien n'est que le sommet, d'ailleurs mal individualisé, d'un puissant complexe de calcaires et calcschistes que nous attribuons au *Malm*, mais avec un faciès très différent du Malm briançonnais habituel : il y a ici des bancs de calcaires à cassure foncée (d'aspect tithonique), peu épais, à Calpionelles, et des calcschistes à minces zones siliceuses très régulières (radiolarites) (⁴). Cet ensemble, visible dans le cañon de la Durance immédiatement en amont de L'Argentière, rappelle trait pour trait des assises, autrefois généralement confondues avec le « Flysch calcaire », et que nous attribuons au Malm toujours dans le soubassement externe de la nappe du Flysch (Ancelle, Châteauroux, Roche-Rousse, sous le Morgon, près du Lauzet) (⁵).

4° Enfin, formant le noyau de la fenêtre, on a des schistes argileux (faciès terres-noires), avec quelques minces lits de calcaires spathiques d'aspect gréseux et de

(¹) Il ne faut pas ici chercher à retrouver la « première écaille » de P. Termier, définie seulement par de très petits lambeaux de poussée, sans individualité ni continuité.

(²) D. Schneegans, *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 262.

(³) M. Gignoux, *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 1879; M. Gignoux et L. Moret, *ibid.*, **195**, 1932, p. 1202.

(⁴) C. Pussenot avait déjà attiré l'attention sur ces calcaires à zones siliceuses, qu'il attribuait avec un peu d'hésitation à son « Jura-Crétacé ».

(⁵) M. Gignoux et L. Moret, *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 830, 1064, 1153, 1189.

microbrèches, qui sont visibles sur la route des Vigneaux à Prelles, dans une boutonnière encadrée par les falaises du Malm ci-dessus. Nous y voyons du *Callovo-Oxfordien,* que nous connaissons sous le même faciès dans les régions précitées, où il avait été parfois confondu avec le Flysch noir.

Ainsi, en plein Briançonnais, la fenêtre de L'Argentière nous montre, non point des terrains à faciès briançonnais, mais des roches dont nous ne connaissons les analogues que *dans le soubassement externe de la nappe du Flysch* (Ancelle, base de Chabrières, base du Morgon, Châteauroux). Et c'est précisément parce qu'ils ne sont ni franchement dauphinois, ni franchement briançonnais, que ces terrains avaient été méconnus, aussi bien à L'Argentière que sur le bord de la zone du Flysch. Et puisque ce tréfonds de la fenêtre de L'Argentière fait encore réapparaître une zone de faciès plus externe que la nappe du Flysch de l'Embrunais, il s'ensuit que cette dernière doit s'enraciner à l'est de cette fenêtre.

Il est très suggestif de comparer cette structure à celle des *nappes préalpines* savoisiennes et suisses. Là, un même élément tectonique, la nappe ultra-helvétique, se retrouve aussi à la fois sur les deux bords, externe et interne, du paquet des nappes (Flysch et Médianes) isolées de leurs racines. A l'arrière du Pelvoux au contraire, la continuité du paquet des nappes (Embrunais et Briançonnais) avec la zone des racines (Briançonnais) a été respectée : l'érosion s'est bornée à y creuser notre petite fenêtre de L'Argentière, au fond de laquelle reparaît localement une unité bordière externe.

M. **Paul Pascal**, par l'organe de M. **H. Le Chatelier**, fait hommage à l'Académie du Tome VIII du *Traité de Chimie minérale* publié sous sa direction : *Éléments des terres rares. Cuivre. Or. Argent. Mercure*, par MM. F. Bourion, A. Conduché, J. Isabey, F. Meyer, L.-J. Olmer, C. Tourneux. Secrétaire général : Paul Baud.

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de la Santé publique** invite l'Académie à désigner un de ses Membres qui remplacera, dans le Conseil supérieur d'Hygiène publique de France, M. *E. Roux* décédé.

L'**American Association for the Advancement of Science** invite l'Académie à se faire représenter à sa 93e réunion, à Boston, Massachusets, du 28 décembre 1933 au 2 janvier 1934.

STATISTIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur le coefficient, dit de corrélation.* Note de M. **Maurice Fréchet**, présentée par M. Émile Borel.

Après Galton, de nombreux statisticiens emploient pour repérer le degré de dépendance entre deux variables statistiques X, Y, le coefficient, dit de corrélation,

$$r = \frac{\Sigma n_{ij}(x_i - a)(y_j - b)}{\sqrt{\Sigma M_i(x_i - a)^2}\sqrt{\Sigma N_j(y_j - b)^2}}, \tag{1}$$

où n_{ij} est le nombre de fois que le couple X, Y prend le couple de valeurs x_i, y_i, où a, b sont les valeurs moyennes de X et de Y et où

$$M_i = \sum_j n_{ij}, \qquad N_j = \sum_i n_{ij}.$$

On démontre facilement, comme il est connu, que la valeur absolue de r reste toujours $\leqq 1$ et que la condition nécessaire et suffisante pour que $r = \pm 1$ est que X et Y soient liés par une relation *linéaire*. De sorte qu'il serait plus naturel d'appeler r un coefficient de linéarité.

En exprimant que $|r|$ est voisin de l'unité, on exprime donc simultanément deux propriétés *entièrement distinctes* de l'ensemble des points (x_i, y_j), de poids n_{ij} : 1° que cet ensemble se rapproche de la ligne des moyennes; 2° que la forme de cette ligne moyenne se rapproche de la forme rectiligne.

La première seule concerne l'existence d'une relation entre X et Y. La seconde renseigne sur la forme de cette relation quand elle existe mais est *sans aucun intérêt en ce qui concerne* L'EXISTENCE *de cette relation.*

A priori, on pourrait s'attendre à voir combinés de façon inextricable ces deux caractères dans l'expression du coefficient dit de corrélation.

Il n'est donc peut-être pas sans intérêt de faire observer qu'on peut les dissocier de façon très simple dans ladite expression.

Appelons en effet *distribution moyenne* celle qu'on déduit des données en remplaçant les diverses valeurs prises par Y pour X donné, soit $X = x_i$, par la valeur moyenne

$$b_i = \frac{\sum_j n_{ij} y_i}{M_i},$$

de ces valeurs de Y pour $X = x_i$ (cette valeur b_i étant par conséquent répétée M_i fois).

On a

$$\sum_{i,j} n_{ij}(x_i - a)(y_j - b) = \sum_i (x_i - a) M_i (b_i - b),$$

de sorte qu'on obtient *la formule remarquablement simple*

$$r = \rho\eta, \tag{2}$$

où r est le coefficient, dit de corrélation, relatif aux données (x_i, y_j, n_{ij}), et défini par la formule (1), où η est le rapport de corrélation défini par la formule connue due à K. Pearson.

$$\eta = \sqrt{\frac{\Sigma M_i(b_i - b)^2}{\Sigma N_j(y_j - b)^2}} \tag{3}$$

et où

$$\rho = \frac{\Sigma M_i(x_i - a)(b_i - b)}{\sqrt{\Sigma M_i(x_i - a)^2 . \Sigma M_i(b_i - b)^2}}.$$

De sorte que ρ n'est autre que le soi-disant coefficient de corrélation pour la distribution moyenne. Seulement, on voit que ρ reste le même quand la distribution moyenne restant la même, on modifie de façon quelconque la dispersion des valeurs que prend Y dans les données primitives pour X donné. D'autre part, la valeur de η n'est pas affectée quand, par exemple en modifiant seulement les x_i, on modifie la forme de la ligne des moyennes, ligne déterminée par les couples (x_i, b_i).

Ainsi *le coefficient r, dit de corrélation, est le produit de deux nombres, l'un ρ, qui est insensible à la déviation des données à partir de la distribution moyenne, qui n'exprime donc, en somme, que la linéarité de celle-ci, l'autre η, dit rapport de corrélation, qui reste invariable au cours de modifications considérables de la ligne des moyennes et qui est plus grand quand la dépendance de* Y *relativement à* X *est plus accentuée.*

D'ailleurs, ces deux facteurs sont comme r, en valeurs absolues $\leqq 1$.

J'étudierai, plus en détail, les conséquences de l'observation précédente dans un article qui sera inséré dans un autre Recueil.

GÉOMÉTRIE ALGÉBRIQUE. — *Sur la topologie des courbes planes réelles et algébriques.* Note de M. **I. Pétrowsky**, présentée par M. Hadamard.

Harnack [1] a démontré que le nombre maximum de traits fermés et mutuellement séparés dont peut se composer dans le plan projectif une courbe algébrique réelle d'ordre n, est égal à $\frac{(n-1)(n-2)}{2}+1$.

Nous appellerons courbes M celles qui possèdent un nombre maximum de traits de l'espace ci-dessus mentionné. Harnack a démontré que les courbes M sont dépourvues de points singuliers. Prenons dans l'espace à trois dimensions où se trouvent placés le plan de projection et la courbe algébrique, une sphère quelconque S. Joignons par des droites chaque point du plan du tableau au centre de la sphère. Un trait d'une courbe algébrique est dit ovale (trait non double), si sa projection sur la sphère S, ainsi effectuée, donne deux (une) courbes fermées. Les courbes algébriques sans points singuliers ne peuvent avoir qu'un trait non double. C'est pourquoi toutes ces courbes qui ont un ordre pair ne se composent que d'ovales et celles d'ordre impair d'un trait non double et de plusieurs ovales.

M. Hilbert [2] en 1891 affirmait, sans en donner la démonstration, la proposition suivante : étant donnée une courbe M d'ordre 6, tous ses 11 ovales ne peuvent se trouver l'un en dehors de l'autre : au moius l'un d'eux se trouve à l'intérieur d'un autre. Il faut entendre par ces derniers mots que le cône projetant le premier de ces ovales sur la sphère S se trouve à l'intérieur de celui qui projette le second ovale sur la même sphère.

M. Rohn [3] parvint en 1911 à démontrer la proposition de M. Hilbert. Dans le même Mémoire M. Rohn démontre qu'une courbe d'ordre 6 ne peut contenir d'ovale à l'intérieur duquel se disposent les 10 autres ovales.

Convenons de dire que l'ovale O de la courbe $F(x,y)=O$ d'ordre pair est *négatif* (*positif*) si la valeur de $F(x,y)$ croît (décroît) en passant de l'intérieur de l'ovale à son extérieur. En cas de n pair, on peut toujours s'arranger, par un changement de signe de $F(x,y)$, pour que les ovales négatifs (positifs) soient mis en dedans d'autres ovales dont le nombre est

---

[1] *Math. Annalen*, 10, 1876, p. 189.
[2] *Math. Ann.*, 38, 1891, p. 115.
[3] *Math. Ann.*, 73, 1913, p. 177.

impair (ne soient mis dans aucun ovale ou soient mis dans des ovales en nombre pair).

J'ai démontré, relativement aux courbes algébriques sans points singuliers, la proposition suivante :

p étant le nombre des ovales positifs de la courbe d'ordre n (pair) et m, celui de ses ovales négatifs, on a

$$|p - m| \leqq \frac{3n^2 - 6n}{8} + 1,$$

et cette appréciation se trouve exacte..

En raisonnant avec plus de précision on peut démontrer qu'*une courbe quelconque d'ordre n (pair) ne peut contenir plus de* $3n^2 + 6n/8 + 1$ *ovales situés l'un à l'extérieur de l'autre et placés en dedans d'un seul ovale.*

Des exemples montrent que, pour $n = 4k$, cette appréciation est exacte au moins à 1 près, et que, pour $n = 4k + 2$, il en est de même à 4 unités près.

Le procédé de Harnack dans le cas de *n* impair amène déjà à d'ovales dont aucun n'est placé à l'intérieur d'un autre. Or, notre méthode permet d'établir ce qui suit.

Considérons, comme dans le cas de *n* pair, les ovales finis de la courbe $F(x, y) = 0$ comme positifs (négatifs) si la valeur de $F(x, y)$ décroît (croît) en passant de leur intérieur à l'extérieur. Évidemment, cette définition ne s'applique plus aux ovales coupés par la droite infiniment éloignée. Nous les appellerons ovales-zéros.

On aura alors, pour n impair,

$$|p - m| \leqq \frac{3n^2 - 4n + 1}{8} - \frac{l - 1}{2},$$

où l est le nombre des points infiniment éloignés de la courbe.

Des exemples montrent que cette appréciation se manifeste comme exacte. Une conséquence immédiate de ce théorème est la proposition suivante.

Un trait non double d'une courbe d'ordre impair avec une droite L quelconque coupent le plan projectif en plusieurs domaines. D'ailleurs, *il n'existe pas de courbe d'ordre n (impair) se composant de plus de*

$$\frac{3n2 - 4n + 1}{8} - \frac{r - 1}{2}$$

ovales distribués l'un à l'extérieur de l'autre et situés tous dans l'un de ces domaines (*r* étant le nombre des points communs de la courbe et de la droite L).

Notre méthode est basée, d'une part sur une formule de Euler-Jacobi [1] relative aux solutions des équations algébriques, et d'autre part sur la recherche des variations des lignes de niveau des fonctions à plusieurs variables, passant par les points critiques de ces fonctions. Ces dernières recherches sont analogues aux recherches de M. Morse [2] sur les points critiques des fonctions.

Remarquons, en conclusion, que notre méthode s'étend tout naturellement à l'analyse des hypersurfaces réelles algébriques dans l'espace projectif à un nombre quelconque de dimensions.

GÉOMÉTRIE. — *Sur l'unicité du minimum de la distance d'un point à un ensemble.* Note de M. **Gaston Vergnères**, présentée par M. Élie Cartan.

Soit MP l'un des segments fournissant la plus courte distance d'un point M à un ensemble fermé. Prenons sur MP un point M′ distinct de M et de P. Il a été établi par M. G. Bouligand que le minimum de la distance de M′ à l'ensemble est donné par l'unique segment M′P [3]. La présente Note prolonge ce résultat par les deux théorèmes suivants :

I. Soient M_1 et M_2 deux points ayant une même projection P sur l'ensemble. Pour tout point M′ situé dans le triangle M_1M_2P ou sur ses côtés autres que M_1M_2, le segment M′P réalise seul le minimum de la distance de M′ à l'ensemble.

II. Soient M_1, M_2, M_3 trois points ayant une même projection P sans se trouver dans un même plan avec P. Pour tout point M′ situé dans le tétraèdre $M_1M_2M_3P$ ou sur ses facettes autres que le triangle $M_1M_2M_3$, le segment M′P réalise seul le minimum de la distance de M′ à l'ensemble.

---

(1) Euler, *Instit. Calc. Integr. Petrop.*, 2, 1768-1870, p. 1169; Jacobi, *Gesammelte Werke*, 3, p. 329-354.

(2) *Trans. of the American Math. Society*, 27, 1927, p. 345.

(3) G. Bouligand, *Introduction à la Géométrie infinitésimale directe*, 1932, p. 93.

GÉOMÉTRIE. — *Parallélisme C. M. et parallélisme au sens classique.* Note de M. GEORGES BOULIGAND, présentée par M. Élie Cartan.

Le parallélisme C.M. est la relation (non réversible) par laquelle, de la frontière extérieure e d'un ensemble borné E, on déduit le lieu F des points dont la plus courte distance à E égale une longueur ρ donnée. Cette notion diffère du parallélisme au sens classique : d'une part, F est toujours de longueur bornée ([1]); d'autre part, en portant sur la normale MN d'une courbe $\mathcal{L}$ à paratingente unique une longueur MP constante, P décrit un continu de Jordan, sur lequel l'image d'aucun arc de $\mathcal{L}$ n'est en général de longueur bornée, faute d'avoir supposé que la direction de la tangente à $\mathcal{L}$ soit fonction à variation bornée de l'abscisse curviligne sur $\mathcal{L}$. Mais les deux notions citées se rejoignent *lorsqu'il existe une longueur l, telle que tout point l-distant de* E *n'ait sur celui-ci qu'une projection*, d'où la même propriété pour les points distants de moins de l ([2]).

Je vais résumer ici les propriétés que j'ai obtenues pour les ensembles fermés et bornés soumis à la condition en italiques.

1° Soit E un tel ensemble. Si l'ensemble ouvert E_l des points distants de E de moins de l a plus d'un constituant, E se décompose en ensembles disjoints, respectivement intérieurs à ces constituants. Nous bornant à l'un d'eux, c'est lui que nous appellerons désormais E. Dès lors, E *est toujours un continu;* de plus, chaque point de e (frontière extérieure de E) est l-distant de F, ce qui permet d'étudier e en tant que frontière C.M.; enfin, les projections sur F d'un point de e se localisent toujours, soit sur un hémisphère, soit sur une calotte moindre.

2° Cette dernière éventualité n'est possible que si E a des points intérieurs. Un exemple est fourni par un E tel que, pour tout point extérieur, le minimum de la distance soit réalisé d'une manière unique : un tel E est une figure convexe.

3° Si E est dépourvu de points intérieurs, il est commode, reprenant un point de vue de M. G. Durand ([3]), de distinguer les points de E n'ayant que deux projetantes opposées, ou ayant leurs projetantes coplanaires, ou

---

([1]) *Bull. Sc. math.*, 2, 1928, p. 342.

([2]) G. BOULIGAND, *Introduction à la géométrie infinitésimale directe*, 1932, p. 93, énoncé *a*.

([3]) G. DURAND, *Journ. de Math.*, 9e série, 10, 1931, p. 380.

ayant des projetantes non coplanaires. Les théorèmes ci-dessus de M. G. Vergnères (compte tenu de la semi-continuité supérieure d'inclusion des projetantes) font qu'un point à deux projetantes opposées ne peut être limite que de points de la même espèce : s'il existe un tel point sur E, son voisinage (à l'exemple de celui de l'une de ses projections sur F) est une rondelle superficielle σ ayant pour normale le support des projetantes; un arc rectifiable de σ, dans sa correspondance par normales parallèles avec la sphère de rayon l, donne un arc de longueur au plus égale, ce qui pour σ est un critère de courbure bornée. Il peut se présenter sur E un système au plus dénombrable de points à projetantes non coplanaires, ils sont alors sur les bords de portions de surfaces du type précédent.

4° En l'absence de points à deux projetantes, E se réduit à une courbe de courbure $\leqq 1/l$, c'est-à-dire telle que sur la sphère de rayon l, chaque arc de l'indicatrice des tangentes soit de longueur $\leqq$ à celle de l'arc générateur. Ce cas peut encore se distinguer par la propriété pour E de ne couper l'espace au voisinage d'aucun point. Dans un certain tube entourant E, il existe alors pour ses plans normaux des trajectoires orthogonales dont il passe une et une seule par un point. Pour qu'une famille continue de plans réponde à cette dernière condition, il faut et il suffit qu'elle soit corrélative d'un continu ponctuel dont le paratingent en chaque point laisse échapper les directions d'un plan, c'est-à-dire d'un arc simple rectifiable d'une certaine catégorie [1].

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Lignes de raccord de surfaces; lignes géodésiques, lignes ombilicales, lignes de courbure.* Note de M. **Bertrand Gambier.**

1. M. Georg Scheffers signale le résultat suivant (*Mathematische Zeitschrift*, 36, 1932, p. 293-297) : soient deux droites non sécantes Δ_1, Δ_2 et R une surface réglée admettant Δ_1 et Δ_2 comme directrices; *une trajectoire orthogonale* Γ *des génératrices de* R *donne, par rotation autour de* Δ_1 *et* Δ_2, *deux surfaces de révolusion* S_1, S_2 *se raccordant le long de* Γ; on sait que, R fixée, Γ s'obtient par une quadrature. Si R est une quadrique, chaque génératrice Δ_3 de même système sur R que Δ_1 ou Δ_2 fournit une nouvelle surface de révolution S_3; *on a ainsi* ∞^1 *surfaces de révolution se raccordant*

---

[1] G. Bouligand, *Introduction à la Géométrie infinitésimale directe*, p. 81.

le long d'une même courbe Γ; sur un hyperboloïde quelconque la quadrature conduit aux fonctions elliptiques, sur un hyperboloïde de révolution aux fonctions circulaires; sur un paraboloïde équilatère, Γ s'obtient en coupant le paraboloïde par un cylindre de révolution dont l'axe est la génératrice de même système que Δ perpendiculaire au plan directeur de l'autre système.

2. Une généralisation évidente du résultat qui précède s'obtient, quand R n'est pas une quadrique, en considérant les ∞^1 complexes linéaires contenant la congruence rectiligne d'axes Δ_1 et Δ_2 : *chacun d'eux détermine un déplacement hélicoïdal au cours duquel* Γ *engendre un hélicoïde se raccordant à* S_1 *et* S_2 *le long de* Γ. On sait que les axes de ces déplacements engendrent un cylindroïde dont Δ_1 et Δ_2 sont génératrices *associées*. Si R est une quadrique, au lieu de ∞^1 complexes, nous avons ∞^2 complexes linéaires formant un *réseau* (avec ∞^1 complexes spéciaux dont les axes sont les génératrices du système Δ) *et* ∞^2 *surfaces hélicoïdales ou de révolution se raccordant le long de* Γ.

3. Nous pouvons, dans le même ordre d'idées, considérer les surfaces dont les normales appartiennent à un complexe, non linéaire, ou plusieurs (convenablement choisis). Envisageons donc *le complexe spécial des tangentes à une même surface* Σ; les surfaces S correspondantes sont les intégrales d'une équation aux dérivées partielles du premier ordre, dont les caractéristiques sont les développantes des géodésiques de Σ et lignes de courbure des surfaces S qui les portent. Étant donnée une courbe Γ quelconque, de chaque point M de Γ on circonscrit un cône à Σ et la génératrice MΘ de ce cône perpendiculaire à MT, tangente en M à Γ, donne la géodésique à prendre sur Σ pour le point M : pour une *caractéristique* ou une courbe *intégrale*, MT appartient au cône supplémentaire du cône circonscrit. Mais alors, traçons sur Σ une courbe γ *non géodésique*, puis, sur la surface développable formée par les tangentes de γ, traçons une trajectoire orthogonale Γ de ces génératrices; *la courbe* Γ *conduit aux géodésiques de* Σ *tangentes à* γ *et à une surface* S *pour laquelle* Γ *est une ligne de courbure singulière, à titre de ligne lieu d'ombilics*. Cette disposition géométrique élégante est tellement évidente que j'ai peine à croire qu'elle n'ait jamais été signalée : mais je ne l'ai trouvée signalée nulle part. Le théorème concernant les ombilics *généraux*, à savoir qu'en un tel point passent *trois* lignes de courbure devient évident ici : nous avons en effet sur S les deux lignes de courbure ordinaires (caractéristiques de l'équation du premier ordre fournie par la première nappe Σ ou la

seconde nappe Σ_1 de la développée de S), puis la ligne ombilicale. Les deux surfaces Σ, Σ_1 se coupent à angle droit tout le long de γ qui n'est géodésique sur aucune des deux surfaces.

4. Si l'on considère soit un faisceau linéaire de complexes (non linéaires), soit un réseau linéaire de complexes, une surface réglée R dont toutes les génératrices appartiennent à ces complexes donne, au moyen d'une trajectoire orthogonale Γ de ses génératrices, encore ∞^1 ou ∞^2 surfaces se raccordant le long de Γ, mais avec une définition géométrique moins simple qu'aux paragraphes 1 et 2.

5. Partons donc d'un faisceau F linéaire de complexes (non linéaires); soient Σ, Σ_1 les surfaces focales de la congruence rectiligne commune à ces complexes, congruence que nous supposons n'être pas congruence de normales; soient R une développable de cette congruence, ayant son arête de rebroussement γ sur Σ et Γ une trajectoire orthogonale des génératrices de R; *les surfaces, en nombre* ∞^1, *issues de* Γ *et dont les normales appartiennent aux divers complexes de* F *ont toutes un contact du second ordre le long de* Γ *qui est une ligne ombilicale commune à toutes ces surfaces et en même temps ligne de courbure exceptionnelle.*

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Sur les espaces distanciés séparables généraux.* Note de M. **Georges Kurepa**, présentée par M. Émile Borel.

Définitions. — Pour un nombre ordinal α la fonction $\tau(\alpha)$ — *le type-limite de* α — est le plus petit nombre ordinal tel que α soit la limite d'une suite —$\tau(\alpha)$ de nombres ordinaux inférieurs à α. *Le dérivé* —$\aleph_\alpha$ de l'ensemble A, que nous désignerons par $D_\alpha A$, est l'ensemble de *points* —$\aleph_\alpha$ de A, c'est-à-dire l'ensemble de points a (appartenant ou non à A) tels que $pV_aA \geqq \aleph_\alpha$ pour tout voisinage V_a de a (pA signifie la puissance de A). *L'ensemble de fermeture* —$\aleph_\alpha$ de A est, par définition, $F_\alpha A = A + D_\alpha A$. Un espace E est dit *séparable* —$\aleph_\alpha$ *de genre* β s'il existe un ensemble A tel que : 1° $pA = \aleph_\alpha$; 2° $A < E < F_\beta A$; l'ordre de séparabilité de genre β est le plus petit nombre $s_\beta E$ tel que E soit séparable —$\aleph_{s_\beta E}$ de genre β. Un espace est *compact* —$\aleph_\alpha$ si pour tout son ensemble A on a $D_\alpha A \neq 0$ toutes les fois que $pA \geqq \aleph_\alpha$. Si pour un espace distancié E l'ensemble de ces points mutuellement distant $\geqq \varepsilon$ pour tout nombre réel > 0 à la puissance $< \aleph_\alpha$, l'espace est dit *borné* —$\aleph_\alpha$. Si un espace distancié U contient isométriquement tout espace distancié séparable —$\aleph_\alpha$ et si $sU = \alpha$ (cf. théorème I),

il s'appelle *universel* — $\aleph_\alpha$. Si pour une métrique ρ toute suite — ω_α fondamentale est convergente, ρ est dite *complète* — $\aleph_\alpha$. La suite $\{a_\varphi\}_{\varphi<\omega_\alpha}$ est fondamentale si l'on peut faire correspondre à tout $\varepsilon > 0$ un nombre $\psi < \omega_\alpha$ tel que $\rho(a_\varphi a_{\varphi'}) < \varepsilon$ pour $\varphi, \varphi' > \psi$, Si au moins une métrique qui *convient* à un espace E est complète — $\aleph_\alpha$, il est dit complet — $\aleph_\alpha$ lui-même (¹).

. Dans ce qui suit nous nous bornerons aux espaces distanciés.

Théorème I. — $s_0 E = s_1 E = \ldots = s_\gamma \equiv sE$, $\aleph_\gamma = pE$.

Théorème II. — E *est séparable* — $\aleph_\xi$ *pour tout* ξ *tel que* $\aleph_{sE} \leqq \aleph_\xi \leqq \aleph_{sE}^{\aleph_0}$.

Théorème III. — *Si* E *est compact* — $\aleph_\alpha$ *et si l'on accepte l'hypothèse du continu* $2^{\aleph_0} = \aleph_1$, *il est aussi compact* — $\aleph_\xi$, $\aleph_\alpha \leqq \aleph_\xi \leqq \aleph_{sE}^{\aleph_0}$.

Théorème IV. — *La propriété « complet* — $\aleph_\alpha$ » *entraîne complet* — $\aleph_\xi$ *pour tout* ξ *tel que* $\alpha \leqq \xi < \alpha'$, α' *étant le premier nombre inaccessible* $> \alpha$ (²).

Les propriétés sont équivalentes :

Théorème V. — 1° *Séparable* — $\aleph_\alpha$; 2° *compact* — $\aleph_{\alpha+1}$; 3° *pour tout* A *clairsemé* — $\aleph_\alpha$ *on a* $p \leqq \aleph_\alpha$; 4° *pour tout* A *isolé* — $\aleph_\alpha$ *on a* $pA \leqq \aleph_\alpha$; 5° *toute suite croissante ou décroissante d'ensembles fermés ou ouverts a au plus* $\aleph_\alpha$ *de termes différents;* 6° *toute couverture est réductible à une subcouverture de puissance* $\leqq \aleph_\alpha$.

Théorème VI. — 1° *Compact* — $\aleph_\alpha$; 2° *borné* — $\aleph_\alpha$ *et complet* — $\aleph_\alpha$; 3° *pour des* α *de seconde espèce : quelle que soit la suite* — $\omega_{\tau(\alpha)}$ *d'ensembles fermés et de puissances* $\geqq \aleph_\alpha$ *et tous en relation d'inclusion, il y a au moins un point en commun;* 4° α *tel que* $\tau(\alpha) = \omega_0$: *toute métrique qui convient à* E *est complète* — $\aleph_\alpha$ (³); 5° *sous l'hypothèse du continu : tout ensemble, tiré de* E, *ayant la puissance* $\geqq \aleph_\alpha$ *donne lieu à au moins un point d'accumulation maximée.*

Théorème VII. — *Si* $2^{\aleph_0} = \aleph_1$ *et* $\omega_0 < \tau(\alpha) < \alpha$, *il n'existe aucun espace compact* — $\aleph_\alpha$.

Théorème VIII. — *Sous l'hypothèse généralisée de continus* $2^{\aleph_\alpha} = \aleph_{\alpha+1}$, *on peut construire, pour tout* α, *un espace* U^α *universel* — $\aleph_\alpha$.

En terminant, nous voulons souligner que les questions de cette nature

---

(¹) Voir M. Fréchet, *Les espaces abstraits*, Gauthier-Villars, 1928, p. 66 et suiv.; K. Haratomi, *Jap. J. of Math.*, 8, p. 113, et 9, 1932, p. 1; A. Appert, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1071; P. Urysohn (rédigé par P. Alexandroff), *Bull. Sc. math.*, 51, 1927, p. 43.

(²) Ce sont les solutions non singulières de l'équation $\omega_\eta = \eta$; leur existence est très douteuse.

(³) Cf. Niemytzki-Tychonoff, *Fund. Math.*, 12, 1928, p. 118.

sont étroitement liées à la théorie des nombres transfinis qui, à son tour, peut être facilitée par de telles considérations « géométriques ». On peut dire la même chose en ce qui concerne les espaces $\{L_\alpha\}$ pour lesquels l'opération de dérivation est définie par des suites — ω_α de points, ou bien les espaces $\{V_\alpha\}$, c'est-à-dire les espaces (V) de caractère local α, etc., on peut leur adjoindre aussi des dimensions et mesures transfinies. D'ailleurs, tout cela n'est qu'un cas très particulier des transfinitaux formels généraux dont l'étude se pose si naturellement à l'esprit humain. Nous y reviendrons à une autre occasion.

Énonçons encore ce théorème qui se dégage des considérations précédentes :

Si $2^{\aleph_0} = \aleph_1$ *on a, pour tout* α, $\aleph_\alpha^{\aleph_0} < \aleph_{\alpha+\omega_0}$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'application de la méthode des approximations de M. Picard à l'étude de certaines équations aux dérivées partielles à caractéristiques réelles et multiples.* Note (¹) de M. **Rosenblatt.**

1. M. D. Mangeron a étudié les problèmes aux limites pour les équations aux dérivées partielles du quatrième ordre à caractéristiques réelles et doubles (²). Il a démontré, en particulier, par la méthode des approximations successives de M. Picard, l'existence d'une intégrale unique $z(x, y)$ satisfaisant à l'équation

$$\frac{\partial^4 z}{\partial x^2 \partial y^2} = f[x, y, z, z_x, z_y, z_{xy}, z_{x^2y}, z_{xy^2}] \tag{1}$$

et s'annulant sur le contour C du rectangle R de côtés $x=0$, $x=c$, $y=0$, $y=d$. M. Mangeron suppose que f satisfait à une condition de Lipschitz.

L'équation (1) est l'analogue en deux dimensions de l'équation

$$y'' = f(x, y, y')$$

traitée par M. Picard dans des travaux et des livres classiques. On peut ici encore remplacer la condition de Lipschitz par des conditions plus générales.

(¹) Séance du 20 novembre 1933.

(²) *R. Acc. Scienze Fisiche e Matematiche di Napoli*, 4ᵉ série, 2, 1932; *R. Reale, Naz. Acc. dei Lincei*, 4ᵉ série, 16, 1932.

Je me bornerai à l'équation

$$\frac{\partial^4 z}{\partial x^2 \partial y^2} = f(x, y, z), \tag{2}$$

en supposant f continue dans $R + C$ et pour $|z| \leqq L$. Soit M le module maximum de f dans ce domaine fermé.

Je suppose satisfaite dans R l'inégalité

$$|f(x, y, z) - f(x, y, z')| \leqq A\,|z - z'|\,\Psi(x, y), \tag{3}$$

$A > 0$, Ψ continu dans R et plus grand qu'un nombre $k > 0$.

Je suppose, de plus, qu'il existe une fonction $\tau(x, y) \geqq 0$ continue dans $R + C$, s'annulant sur C. La fonction

$$\sigma(x, y) = \Psi(x, y)\,\tau(x, y) \tag{4}$$

est supposée $\geqq k$ dans R, intégrable dans R.

Je suppose enfin que l'on a dans $R + C$ l'inégalité suivante :

$$\begin{aligned} \frac{1}{cd}\Big\{ &(c-x)(d-y)\int_0^x\int_0^y \xi\eta\,\sigma(\xi, \eta)\,d\xi\,d\eta \\ &+ x(d-y)\int_x^c\int_0^y (c-\xi)\,\eta\,\sigma(\xi, \eta)\,d\xi\,d\eta \\ &+ (c-x)\,y\int_0^x\int_y^d \xi(d-\eta)\,\sigma(\xi, \eta)\,d\xi\,d\eta \\ &+ xy\int_x^c\int_y^d (c-\xi)(d-\eta)\,\sigma(\xi, \eta)\,d\xi\,d\eta \Big\} \leqq K\tau(x, y), \end{aligned} \tag{5}$$

K est un nombre positif fixe.

2. Formons maintenant la suite des approximations successives de M. Picard z_0, z_1, ... en partant d'une fonction $z_0(x, y)$ continue à dérivée $\partial^4 z_0/\partial x^2 \partial y^2$ continue dans $R + C$ et s'annulant sur C. On a

$$z_n = \frac{1}{cd}\Big\{(c-x)(d-y)\int_0^x\int_0^y \xi\eta\, f[\xi, \eta, z_{n-1}(\xi, \eta)]\,d\xi\,d\eta + \ldots\Big\} \tag{6}$$

$$(n = 1, 2, \ldots).$$

Cette suite existe pourvu que l'on ait l'inégalité

$$\frac{M}{64}c^2 d^2 \leqq L. \tag{7}$$

Soit N un nombre positif fixe tel que l'on ait, dans R, l'inégalité

$$|f(x, y, z_1) - f(x, y, z_0)| \leqq N\sigma(x, y). \tag{8}$$

On obtient la suite des inégalités

$$(9) \qquad |z_n - z_{n-1}| \leqq NK(AK)^{n-2}\tau(x, y) \qquad (n = 2, 3, \ldots).$$

La suite des approximations successives converge dans $R + C$ absolument et uniformément vers une fonction continue $z(x, y)$ à dérivée $\partial^4 z / \partial x^2 \partial y^2$, continue dans $R + C$. Cette fonction satisfait dans $R + C$ à l'équation (2), et elle est unique parmi les fonctions $\varphi(x, y)$ qui satisfont à l'inégalité

$$|\varphi(x, y)| \leqq L.$$

On a la condition à remplir

$$(10) \qquad AK < 1.$$

3. *Exemple.* — On a l'exemple simple

$$(11) \qquad \sigma(x, y) = \frac{1}{x^{1+m} y^{1+m} (c - x)^{1+m} (d - y)^{1+m}},$$

$$(12) \qquad \Psi(x, y) = \frac{1}{x^2 y^2 (c - x)^2 (d - y)^2},$$

$$(13) \qquad \tau(x, y) = x^{1-m} y^{1-m} (c - x)^{1-m} (d - y)^{1-m} \qquad \left(0 < m < \frac{1}{2}\right).$$

On a ici

$$(14) \qquad K = \frac{2^{2m}}{c^2 d^2} \left[\frac{1}{m} + \frac{2^{2-m}}{1 - m} \right]^2.$$

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur quelques propriétés des intégrales d'une équation du second ordre à coefficients périodiques.* Note de M. **N. Adamoff**, présentée par M. Hadamard.

1. Des questions nombreuses de physique mathématique conduisent à l'équation différentielle

$$(1) \qquad u'' + [E + V(x)]u = 0,$$

E étant un paramètre et V une fonction périodique de x de période 2π; on cherche les valeurs du paramètre E donnant lieu aux intégrales de l'équation (1), bornées pour toutes les valeurs de x. Hill a donné une méthode de résolution de ce problème dans le cas où $V(x)$ est une fonction paire [1]. Le problème est complètement résolu dans quelques cas

[1] Whittaker and Watson, *Modern Analysis*, p. 413.

spéciaux, par exemple pour l'équation de Mathieu, $V(x) = 2q\cos 2x$, q étant une constante; récemment dans le cas où $V(x)$ est égale à une constante pour $\pi < x < x_1$ et à une autre constante pour $x_1 < x < \pi$, par MM. R. de Kronig et W. Penny [1].

Nous avons étudié la distribution des valeurs du paramètre λ donnant lieu à intégrales bornées, ainsi que les propriétés d'oscillation des intégrales de l'équation plus générale

$$u'' + (\lambda\tau + p)u = 0, \tag{2}$$

τ et p étant des fonctions continues de x, périodiques de période 2π.

2. Considérons l'équation différentielle

$$u'' + p(x)u = 0, \tag{3}$$

p étant continue et périodique de période 2π. On démontre les propriétés suivantes d'oscillation des intégrales de cette équation :

Théorème I. — *S'il existe une intégrale de l'équation* (3) *s'annulant deux fois, toute intégrale a une infinité de zéros.*

Lemme I. — *Si toutes les intégrales de l'équation* (3) *ne sont pas périodiques, il n'existe plus que deux intégrales pour lesquelles la distance entre un zéro et le* $n^{\text{ième}}$ *zéro suivant est égale à* 2π.

Soit $u_1(x)$ une intégrale de l'équation (3), et soit $\{x_1^{(i)}\}$ l'ensemble de ses zéros, $x_1^{(i+1)} > x_1^{(i)}$, $i = \ldots, -1, 0, 1, 2, \ldots$.

Lemme II. — *Si l'inégalité* $x_1^{(n+1)} - x_1^{(1)} < 2\pi$ *a lieu, on a pour tout h entier :* $x_1^{(n+h)} - x_1^{(h)} < 2\delta$.

Lemme III. — *Si l'on a* $x_1^{(n+1)} - x_1^{(1)} < 2\pi$, *il n'existe aucune intégrale de l'équation* (3) *pour laquelle la distance entre un zéro et le* $(n-1)^{\text{ième}}$ *zéro suivant soit* $\geqq 2\pi$.

Désignons par $\mathcal{D}^{(n)}$ respectivement $d^{(n)}$ le maximum et le minimum des distances entre un zéro et le $(n-1)^{\text{ième}}$ zéro suivant pour toutes les intégrales de l'équation (3).

Théorème II. — *Les inégalités* $\mathcal{D}^{(n)} > 2\pi > d^{(n)}$ *donnent une condition nécessaire et suffisante pour l'existence de deux intégrales* u_1, u_2 *dont les zéros vérifient l'égalité* $x_1^{(n+1)} - x_1^{(1)} = 2\pi$, $x_2^{(n+1)} - x_2^{(1)} = 2\pi$.

Corollaire. — *Si l'on a* $\mathcal{D}^{(n)} > 2\pi = d^{(n)}$ *ou* $\mathcal{D}^{(n)} = 2\pi > d^{(n)}$, *il n'existe qu'une seule intégrale* u_1 *pour laquelle on a* $x_1^{(n+1)} - x_1^{(1)} = 2\pi$.

3. Passons aux propriétés de l'équation (2). D'après les théorèmes

---

[1] *Proceedings of the Royal Soc.*, A, 130, 1931, p. 499-513.

classiques de comparaison, toute intégrale de cette équation n'a plus qu'un zéro pour les valeurs de λ négatives assez grandes, et en vertu du théorème I, elles ont une infinité de zéros pour $\lambda > \lambda_1$. Pour toute valeur de $\lambda > \lambda_1$, nous définissons deux nombres $\mathcal{D}_\lambda^{(n)}$ et $d_\lambda^{(n)}$ comme plus haut. On démontre les propositions suivantes :

LEMME. — *Lorsque λ croît, $\mathcal{D}_\lambda^{(n)}$ et $d_\lambda^{(n)}$ décroissent d'une façon continue.*

THÉORÈME III (d'oscillation). — *Il existe une suite infinie non décroissante de valeurs du paramètre :*

$$\lambda_1, \quad \lambda_2, \quad \ldots, \quad \lambda_n, \quad \ldots, \quad \lambda_{2k-1} < \lambda_{2k}, \quad \lambda_{2k} \leqq \lambda_{2k+1}, \quad \lambda_n \to \infty,$$

telle que pour $\lambda \leqq \lambda_1$ toute intégrale de l'équation (2) ne peut avoir plus d'un zéro; pour $\lambda > \lambda_1$ chaque intégrale a une infinité de zéros; de plus, pour $\lambda_{2k-1} < \lambda < \lambda_{2k}$ on a $\mathcal{D}_\lambda^{(k)} < 2\pi < d_\lambda^{(k+1)}$ et pour $\lambda_{2k} \leqq \lambda \leqq \lambda_{2k+1}$ on a $d_\lambda^{(k)} \leqq 2\pi \leqq \mathcal{D}_\lambda^{(k)}$.

THÉORÈME IV. — *a. Dans les intervalles $\lambda_{2k-1} < \lambda < \lambda_{2k}$, l'équation (2) a toutes ses intégrales bornées (les exposants caractéristiques sont imaginaires); b. l'équation admet pour $\lambda = \lambda_{4k}$ ou $\lambda = \lambda_{4k+1}$ une intégrale périodique de période 2π et pour $\lambda = \lambda_{4k+2}$ ou $\lambda = \lambda_{4k+3}$ une intégrale de période 4π vérifiant les conditions $u(-\pi) = -u(\pi)$, $u'(-\pi) = -u'(\pi)$ (lorsqu'on a $\lambda_{2k} = \lambda_{2k+1}$, toutes les intégrales sont périodiques pour cette valeur du paramètre); c. pour $\lambda_{2k} < \lambda < \lambda_{2k+2}$, il n'existe pas d'intégrales bornées (les exposants caractéristiques sont réels).*

On trouve les valeurs λ_{4k}, λ_{4k+1} comme valeurs caractéristiques du système linéaire suivant :

$$\text{(I)} \qquad u'' + (p + \lambda\tau)u = 0, \qquad u(-\pi) = u(\pi), \qquad u'(-\pi) = u'(\pi).$$

De même, λ_{4k+2}, λ_{4k+3} sont les valeurs caractéristiques du système linéaire

$$\text{(II)} \qquad u'' + (p + \lambda\tau)u = 0, \qquad u(-\pi) = -u(\pi), \qquad u'(-\pi) = -u'(\pi).$$

Les démonstrations ont pour base l'examen des intégrales périodiques, réelles et complexes, des équations de Riccati correspondant aux équations (2) et (3), ainsi que les méthodes classiques de la théorie de Sturm.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Convergence et compacité dans les classes de fonctions quasi-analytiques* (D). Note de M. **PAUL FLAMANT**, présentée par M. Émile Borel.

Soit une classe quasi-analytique (D) de fonctions définies dans un intervalle fini fermé et donnée par la suite de nombres positifs A_0, A_1, ...,

A_n, ... Je dis qu'une fonction $\varphi(x)$ de la classe appartient au type s si l'ensemble des rapports $|\varphi(x)|/A_0$, $|\varphi'(x)|/A_1 s$, ..., $|\varphi^{(r)}(x)|/A_r s^r$, ... ($x$ variant dans l'intervalle) est borné supérieurement. J'appelle norme de la fonction $\varphi(x)$ la borne supérieure $\|\varphi\|$ de ces rapports. Cet étalonnage fait de la famille des fonctions appartenant au type s une multiplicité de vecteurs abstraits.

Le mode de convergence défini par cet étalonnage est le plus naturel à considérer. Il implique la convergence uniforme pour les fonctions et pour les dérivées de chaque ordre, mais ne s'y réduit pas. Une propriété à signaler au point de vue de la théorie des vecteurs abstraits est que l'ensemble des fonctions appartenant à un même type s est une multiplicité complète.

Au point de vue de la distribution des zéros, le mode de convergence envisagé a des propriétés un peu analogues à celles de la convergence uniforme des fonctions holomorphes :

1° *Si la fonction limite d'une suite convergente n'admet que des zéros simples, tous intérieurs à l'intervalle, la fonction de la suite finit par en avoir exactement le même nombre, tendant respectivement vers les précédents.*

2° *Si la fonction limite n'est pas identiquement nulle, le nombre total des zéros des fonctions de la suite ne dépasse pas, à partir d'un certain rang, celui de la fonction limite; et si cette dernière n'a pas de zéro aux extrémités de l'intervalle, il est de même parité.*

Corollaires. — Si une suite convergente est formée de fonctions dont le nombre des zéros n'est pas borné, sa limite est identiquement nulle. Si le nombre des zéros des dérivées $r^{\text{ièmes}}$ des fonctions d'une suite convergente n'est pas borné, la limite est un polynome de degré $r-1$.

Il y a une différence essentielle avec les fonctions holomorphes : un zéro d'ordre pair de la fonction limite peut n'être pas limite de zéros des fonctions de la suite.

Famille compacte du type s. — La compacité d'un ensemble consiste en ce que toute suite infinie d'éléments admet une suite partielle convergente. La convergence qui m'a paru la plus intéressante est celle qui a lieu suivant l'étalonnage de tout type supérieur à s pour un même intervalle; c'est à elle que correspond ce que j'appelle la compacité du type s sur cet intervalle.

Pour qu'une famille soit compacte du type s, il faut et il suffit que les fonctions appartiennent à tout type supérieur à s, et que pour chacun d'eux l'ensemble des normes soit borné.

Étant donnée une famille compacte du type s sur un intervalle :

1° *Si une suite de fonctions de la famille converge en tout point de l'intervalle, ainsi que la suite des dérivées de chaque ordre, la convergence a lieu suivant l'étalonnage de tout type supérieur à s;*

2° *Si une suite de fonctions converge ainsi que la suite des dérivées de chaque ordre en un même point de l'intervalle, toutes ces suites convergent dans tout l'intervalle;*

3° *Si une suite de fonctions converge en une infinité de points de l'intervalle, elle converge dans tout l'intervalle ainsi que la suite des dérivées de chaque ordre.*

Dans ces deux derniers cas, la convergence a lieu suivant l'étalonnage de tout type supérieur à s.

Enfin, une hypothèse sur les éléments d'accumulation permet souvent d'avoir une propriété commune à toutes les fonctions de la famille, comme les suivantes.

Si une famille compacte du type s n'admet aucune constante parmi ses éléments d'accumulation, le nombre des racines de toutes les équations $\varphi(x) - a = 0$ dans l'intervalle considéré est borné supérieurement.

Si les éléments d'accumulation d'une famille compacte ne s'annulent pas, les fonctions de la famille qui s'annulent sont en nombre fini, et les valeurs absolues des autres admettent une borne inférieure non nulle.

Pour une famille compacte ne contenant pas 0 et ne l'admettant pas parmi ses éléments d'accumulation, on peut faire correspondre au nombre $\imath$ arbitrairement petit une borne inférieure de la valeur absolue valable pour toute fonction en dehors d'un nombre fini d'intervalles de longueur totale $\imath$ dont la position est attachée à chaque fonction.

Si une famille compacte ne contient pas de fonction constante et n'admet pas de constante parmi ses éléments d'accumulation, les oscillations des fonctions de la famille ont une borne inférieure non nulle.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les valeurs du module de $\sigma(z)$ à l'infini.*

Note de M. **M. Mursi**, présentée par M. Hadamard.

1. La question suivante sur l'allure de la fonction de la locution sigma m'a été posée par M. Hadamard. Étant donné un point z_0 dans le parallélogramme primitif ou sur son périmètre, à part les sommets, pour quelles

valeurs du rapport entre les périodes $2\omega_1$ et $2\omega_2$ le module

$$E_{mn} = |\sigma(z_0 + 2m\omega_1 + 2n\omega_2)|$$

tendra-t-il vers l'infini avec m^2+n^2 ? J'établis ici des conditions nécessaires et suffisantes pour l'existence de la limite infinie dans le cas où la partie réelle r de

$$\frac{\omega_1}{\omega_2} = \tau = r + si \qquad (s > 0)$$

est un entier ou zéro. Les conditions sont

$$\text{(1)} \qquad \log_e \frac{1}{\alpha} < 2\pi s < \log_e \frac{1}{\beta},$$

α étant la racine positive (1) de l'équation

$$f(x) = \frac{1}{24} - \sum_{\nu=1}^{\infty} \frac{\nu x^\nu}{1 - x^\nu} = 0$$

et β celle de l'équation

$$\log \frac{1}{x} f(x) = \frac{1}{2}.$$

Il est à noter alors qu'à partir de certaines valeurs de m et n la convergence à la limite est *monotone*.

Par des calculs approximatifs, je trouve qu'à un millième près,

$$\log_e \frac{1}{\alpha} = 3,288 \qquad \text{et} \qquad \log_e \frac{1}{\beta} = 12,000.$$

Dans le cas général où r n'est plus restreint aux valeurs entières, j'ai déterminé des limites pour s, soit

$$4,4 < 2\pi s < 12,0$$

entre lesquelles Em_n tend vers l'infini avec $m^2 + n^2$.

2. Avec la notation ordinaire, on a (2)

$$\sigma(z_0 + 2m\omega_1 + 2n\omega_2) \\ = (-1)^{m+n}\sigma(z_0)\exp[(2m\eta_1 + 2n\eta_2)z_0 + 2m^2\eta_1\omega_1 + 4mn\eta_1\omega_2 + 2n^2\eta_2\omega_2].$$

---

(1) On peut développer $f(x)$ en série de puissances $1/14 - \Sigma c_r x^n$ où c_r est la somme des facteurs de r, y compris 1 et r. Par conséquent $f(x)$ étant monotone n'a qu'un seul zéro positif. Il en est de même pour $\log 1/x f(x)$.

(2) WHITTABER and WATSON, *Modern Analysis*, p. 448.

En se servant de la relation

$$\eta_1\omega_2 - \eta_2\omega_1 = \frac{1}{2}\pi i,$$

on en déduit aisément que

$$E_{mn} = |\sigma(z_0 + 2m\omega_1 + 2n\omega_2)| = |\sigma(z_0)\exp(2m\eta_1 + 2n\eta_2)z_0|\exp Q,$$

où

$$Q = 2m_2 R(\eta_1\omega_1) + 4mn R(\tau\eta_1\omega_1) + 2n^2\left[\frac{\pi}{2}s + R(\tau^2\eta_1\omega_1)\right].$$

De cela, il ressort que E_{mn} tendra vers l'infini, et d'une façon monotone, pourvu que Q reste positive, c'est-à-dire si

$$(2) \qquad R(\eta_1\omega_1) > 0; \qquad s|\eta_1\omega_1|^2 < \frac{\pi}{2}R(\eta_1\omega_1),$$

et seulement dans ce cas. Or la relation connue [1]

$$(3) \qquad \eta_1\omega_1 = \frac{\pi^2}{12} - 2\pi^2\sum_{\nu=1}^{\infty}\frac{\nu e^{2\nu\pi i\tau}}{1 - e^{2\nu\pi i\tau}}$$

se réduit, lorsque r est entier ou zéro, à

$$\eta_1\omega_1 = \frac{\pi^2}{12} - 2\pi^2\sum_{\nu=1}^{\infty}\frac{\nu x^\nu}{1 - x^\nu} = 2\pi^2 f(x),$$

où $x = e^{-2\pi s}$ et, par suite, $0 < x < 1$. Vu que la valeur de $\eta_1\omega_1$ est maintenant réelle, les inégalités (2) deviennent

$$0 < s\eta_1\omega_1 < \frac{\pi}{2}$$

ou bien

$$0 < \log\frac{1}{x}f(x) < \frac{1}{2}.$$

L'on est parvenu ainsi aux conditions (1).

Dans le cas général, où $z = e^{2\nu\pi i\tau}$ n'est plus réel, on peut obtenir également [2] le développement

$$\eta_1\omega_1 = \frac{\pi^2}{12} - 2\pi^2\sum_{r=1}^{\infty}c_r z^r,$$

---

(1) Hurvitz-Courant, *Funktionentheorie*, p. 197.

(2) Voir note (1), p. 1285.

d'où l'on tire

$$R(\eta_1\omega_1) \geqq \frac{\pi^2}{12} - 2\pi^2 \sum_{r=1}^{\infty} c_r |z|^r,$$

$$|\eta_1\omega_1|^2 \leqq \left\{ 2\pi^2 \sum_{r=1}^{\infty} c_r |z|^r \right\}^2 + \left\{ \frac{\pi^2}{12} + 2\pi^2 \sum_{r=1}^{\infty} c_r |z|^r \right\}^2.$$

En remplaçant $R(\eta_1\omega_1)$ et $|\eta_1\omega_1|^2$ en (2) par ces expressions, on peut trouver les limites approximatives suscitées pour s.

MÉCANIQUE ANALYTIQUE. — *Évolution complète d'une masse hétérogène en rotation. Impossibilité d'un dédoublement.* Note [1] de M. **Alex. Véronnet**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Comme l'a démontré M. Hamy, une masse hétérogène en rotation ne peut pas prendre rigoureusement une forme ellipsoïdale, mais on peut démontrer que l'écart ne dépasse pas pratiquement le centième du rayon. On peut alors, de plusieurs manières, encadrer son évolution entre celle de deux figures voisines et déterminer ainsi cette évolution aussi complètement que pour une masse homogène, plus complètement même, car la figure doit rester de révolution.

1. La figure d'une masse hétérogène reste *sensiblement ellipsoïdale*. En effet les surfaces équipotentielles d'une masse, supposée totalement concentrée en un point, sont les figures de Roche. Elles prennent leur forme limite la plus aplatie, quand la forme centrifuge égale l'attraction à l'équateur. Le petit axe c égale alors les 2/3 du grand axe a. Le rayon vecteur r de l'ellipse méridienne, de même aplatissement, et le rayon r' de la figure de Roche sont donnés par les formules

$$4r^2 = 9 - 5z^2, \qquad r' = \frac{3}{2 + z^2}.$$

Le rapport des deux rayons est maximum pour $z = 0{,}73$ et $r = 1{,}06r'$. On peut réduire cet écart à quelques centièmes, en choisissant une ellipse moyenne voisine. Pour la Terre, les calculs en seconde approximation montrent que l'écart du géoïde théorique et de l'ellipsoïde ne peut pas dépasser 10^m, et reste pratiquement inférieur à 4^m. Il est inférieur au

---

(1) Séance du 20 novembre 1933.

millionième du rayon et au millième sur Jupiter, où l'aplatissement est déjà de $1/10^e$.

La figure de Roche reste toujours convexe. Il en est de même à plus forte raison de celle d'une masse hétérogène, dont la concentration n'est pas totale.

Pour les très grandes vitesses de rotation, on peut développer les formules par rapport à c/a, en négligeant son carré. On obtient

$$\frac{\omega^2}{2\pi f} = \frac{\pi}{2}\int_1^0 \frac{c}{a}\,d\rho - 2\int_r^0 \frac{\sqrt{x^2 - a^2}}{a}\,\frac{c}{a}\,d\rho.$$

Le premier terme du second membre est une constante, qui définit la vitesse de rotation au centre. Le second dépend uniquement de la distance x à l'axe de rotation. Les ellipsoïdes très aplatis vérifient la condition hydrostatique que j'avais établie.

On peut donc établir *la continuité parfaite des figures d'équilibre*, depuis les ellipsoïdes très peu aplatis de Clairaut, aux faibles vitesses. La figure d'une masse hétérogène, qui est rigoureusement ellipsoïdale, aux deux limites, s'en écarte très peu, un centième au plus. Elle ne peut jamais se creuser, ni se dédoubler, et l'on ne peut pas expliquer ainsi la formation des *étoiles doubles*.

2. La figure d'une masse hétérogène en rotation reste comprise entre celle d'un ellipsoïde homogène et celle de la ligne de Roche. La surface équipotentielle d'une masse homogène est un ellipsoïde. Si l'on concentre cette masse d'une façon quelconque, elle vient se confondre avec la surface de Roche, extérieure à celle-ci. La surface extérieure équipotentielle d'une masse hétérogène sera donc comprise entre les deux. Pour la même masse m, la même vitesse de rotation ω et le même grand axe a, on obtient

$$\frac{\omega^2 a^3}{fm} = \frac{3}{2}h\sqrt{1+l^2} = 2\,\frac{a-c'}{c'}, \qquad l^2 = \frac{a^2-c^2}{a^2},$$

h est une fonction de l, qui définit l'aplatissement de l'ellipsoïde homogène et c' est le petit axe de la figure de Roche. On démontre que l'aplatissement de la figure de Roche est toujours le plus petit et celui de la masse hétérogène reste compris entre les deux.

A la limite de Roche, quand la force centrifuge égale l'attraction, le dernier terme est égal à un. On en déduit le rayon limite de Roche et la vitesse de rotation à ce moment-là. La masse homogène continuant à se condenser, avec le même moment de rotation, prendra finalement la forme

d'un disque aplati, dont le rayon sera égal à $4/3\,\pi$ du précédent. Le rayon d'une masse hétérogène quelconque serait compris entre les deux. Dans le cas de la Terre, ce rayon serait compris entre $22^{km},2$ et $9^{km},7$.

On démontre en outre, d'après les formules ci-dessus, que la différence du rayon équatorial et du rayon polaire va toujours en décroissant avec la contraction, aussi bien dans le cas d'une masse homogène que d'une masse complètement concentrée.

Remarque. — J'ai montré dans un travail antérieur ([1]) que la vitesse de rotation d'une masse hétérogène reste comprise entre celle de deux masses homogènes, l'une de même densité moyenne D, l'autre de même densité que la densité centrale ρ_0. En introduisant les masses et les grands axes, on obtient les relations

$$\frac{3fm}{2\omega^2}h\sqrt{1+l^2} < a^3 < \frac{\rho_0}{D}\frac{3fm}{2\omega^2}h\sqrt{1+l^2}.$$

Or la première expression représente le grand axe du premier ellipsoïde. On obtient deux limites plus resserrées que les précédentes, $9^{km},7$ et $12^{km},2$ pour la Terre.

RELATIVITÉ. — *Le système des équations de Dirac et l'équation de Jacobi.* Note ([2]) de M. **Jacques van Mieghem**, présentée par M. Louis de Broglie.

Considérons l'espace-temps de Minkowski défini par

$$(\delta s)^2 = -(\delta x^1)^2 - (\delta x^2)^2 - (\delta x^3)^2 + (\delta x^4)^2, \tag{1}$$

où x^1, x^2, x^3 sont les coordonnées spatiales et $x^4 = ct$ la variable temporelle. Posons

$$x^0 \equiv \frac{s}{2}; \tag{2}$$

nous remplaçons ainsi la variable indépendante s par la nouvelle variable x^0 qui, par convention, représente la cinquième dimension. Soient Φ_1, Φ_2, Φ_3, Φ_4 les composantes covariantes du potentiel électromagnétique. Les notations classiques c, h, m, e représentent respectivement la vitesse de la

([1]) *Journal de Mathématiques pures et appliquées*, 6e série, 8, 1912, p. 331 à 465.

([2]) Séance du 13 novembre 1933.

lumière, la constante de Planck divisée par 2π, la masse au repos et la charge de l'électron. Posons encore

$$\varepsilon \equiv \frac{e}{c^2 m}. \tag{3}$$

Dans l'univers à cinq dimensions (x^0, x^1, x^2, x^3, x^4), les équations de Dirac sont

$$\boxed{\begin{array}{l} 0 \qquad + \left[\frac{\partial}{\partial x^4} + (\varepsilon\Phi_4 - 1)\frac{\partial}{\partial x^0}\right]\chi_2 + \left[\frac{\partial}{\partial x^2} + i\frac{\partial}{\partial x^3} + \varepsilon(\Phi_2 + i\Phi_3)\frac{\partial}{\partial x^0}\right]\chi_3 - \left(\frac{\partial}{\partial x^1} + \varepsilon\Phi_1\frac{\partial}{\partial x_0}\right)\chi_4 = 0, \\ -\left[\frac{\partial}{\partial x^4} + (\varepsilon\Phi_4 - 1)\frac{\partial}{\partial x^0}\right]\chi_1 + \qquad 0 \qquad - \left(\frac{\partial}{\partial x^1} + \varepsilon\Phi_1\frac{\partial}{\partial x^0}\right)\chi_3 - \left[\frac{\partial}{\partial x^2} - i\frac{\partial}{\partial x^3} + \varepsilon(\Phi_2 - i\Phi_3)\frac{\partial}{\partial x^0}\right]\chi_4 = 0, \\ -\left[\frac{\partial}{\partial x^2} + i\frac{\partial}{\partial x^3} + \varepsilon(\Phi_2 + i\Phi_3)\right]\chi_1 + \left(\frac{\partial}{\partial x^1} + \varepsilon\Phi_1\right)\chi_2 + \qquad 0 \qquad - \left[\frac{\partial}{\partial x^4} + (\varepsilon\Phi_4 + 1)\frac{\partial}{\partial x^0}\right]\chi_4 = 0, \\ \left(\frac{\partial}{\partial x^1} + \varepsilon\Phi_1\frac{\partial}{\partial x^0}\right)\chi_1 + \left[\frac{\partial}{\partial x^2} - i\frac{\partial}{\partial x^3} + \varepsilon(\Phi_2 - i\Phi_3)\frac{\partial}{\partial x^0}\right]\chi_2 + \left[\frac{\partial}{\partial x^4} + (\varepsilon\Phi_4 + 1)\frac{\partial}{\partial x^0}\right]\chi_3 + \qquad 0 \qquad = 0. \end{array}} \tag{4}$$

où nous avons posé

$$\chi_\alpha(x^0, x^1, x^2, x^3, x^4) \equiv \psi_\alpha(x^1, x^2, x^3, x^4)\, e^{-\frac{mc}{h} i x^0} \qquad (\alpha = 1, 2, 3, 4), \tag{5}$$

(ψ_1, ψ_2, ψ_3, ψ_4) étant une solution du système des équations de Dirac mises sous la forme indiquée par M. van der Waerden [1].

Proposons-nous maintenant de calculer les dérivées d'une solution (χ_1, χ_2, χ_3, χ_4) du système (4) en un point quelconque d'une variété $V_{(4)}$ à quatre dimensions d'équation

$$\boxed{x^0 = S(x^1, x^2, x^3, x^4)}. \tag{6}$$

On a

$$\frac{\partial \chi_\beta}{\partial x^\alpha} = \frac{d\chi_\beta}{dx^\alpha} - \frac{\partial S}{\partial x^\alpha}\frac{\partial \chi_\beta}{\partial x^0} \qquad (\alpha, \beta = 1, 2, 3, 4), \tag{7}$$

où $\partial/\partial x^\alpha$ représente la dérivation partielle et d/dx^α la dérivation complète sur $V_{(4)}$. En remplaçant dans (4) les dérivées premières des fonctions χ_α par rapport aux variables x^1, x^2, x^3, x^4 par leurs valeurs (7), on obtient un

(1) B. L. VAN DER WAERDEN, *Die gruppentheoretische Methode in der Quanten mechanik* (Springer, Berlin, 1932), voir p. 98; TH. DE DONDER et Mlle Y. DUPONT, *Bull. Ac. roy., Cl. des Sc.*, **19**, mai 1933, p. 472), voir éq. (62). On passe des notations de M. De Donder à celles utilisées ci-dessus en posant

$$\Psi_1^x \equiv \psi_1, \qquad \Psi_2^x \equiv \psi_2, \qquad \Psi_1^a \equiv \psi_3, \qquad \Psi_2^a \equiv \psi_4.$$

système formé de quatre équations linéaires et non homogènes à quatre inconnues $\partial\chi_1/\partial x^0$, $\partial\chi_2/\partial x^0$, $\partial\chi_3/\partial x^0$, $\partial\chi_4/\partial x^0$, dont le déterminant est égal au carré du premier membre de l'équation de Jacobi relative à la dynamique de l'électron, à savoir :

$$(8) \quad \boxed{\left(\frac{\partial S}{\partial x^1} - \varepsilon\Phi_1\right)^2 + \left(\frac{\partial S}{\partial x^2} - \varepsilon\Phi_2\right)^2 + \left(\frac{\partial S}{\partial x^3} - \varepsilon\Phi_3\right)^2 - \left(\frac{\partial S}{\partial x^4} - \varepsilon\Phi_4\right)^2 + 1 = 0}.$$

D'où (1) le théorème :

Dans l'univers à cinq dimensions, l'équation de Jacobi est l'équation aux dérivées partielles des caractéristiques de Cauchy du système des équations de Dirac.

De l'identité, bien connue, des notions de variété caractéristique et de surface d'onde, il résulte le théorème :

Dans l'univers à cinq dimensions, les surfaces d'onde compatibles avec le système des équations de Dirac sont les surfaces intégrales de l'équation de Jacobi.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur les corrections à apporter aux caractéristiques aérodynamiques d'une aile sustentatrice expérimentée dans une soufflerie à veine rectangulaire semi-guidée par des parois latérales, perpendiculaires à l'envergure de l'aile.* Note de M. **Albert Toussaint**, présentée par M. Henri Villat.

Soit une veine rectangulaire de largeur b, supposée horizontale, de hauteur h limitée seulement par des parois verticales. Soit une aile sustentatrice d'envergure L, de surface S, placée au milieu de la veine fluide avec son envergure perpendiculaire aux parois latérales de la veine fluide. Nous supposerons une répartition uniforme de la circulation Γ, le long de l'envergure.

En appliquant la méthode des images comme il a été dit dans une Note précédente (2) nous obtenons pour ce cas des files verticales de demi-tourbillons de même orientation, le demi-tourbillon origine étant $+\Gamma$ ou $-\Gamma$ selon la file considérée. Une file avec origine $+\Gamma$ à l'abscisse x_1 produira

(1) J. Hadamard, *Leçons sur la propagation des ondes et les équations de l'Hydrodynamique* (Paris, Hermann, 1903), voir Chap. VII, form. (3), (26), (27) et (29).

(2) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 1188.

en un point d'abscisse x une vitesse verticale v_x donnée par l'expression

$$v_x = \frac{\Gamma}{4\pi}\frac{\pi}{h}\operatorname{cotgh}\frac{\pi}{h}(x - x_1),$$

nous calculerons la vitesse moyenne v_m au droit de l'aile par la relation

$$v_m = \frac{1}{L}\int_{-\frac{L}{2}}^{+\frac{L}{2}} v_x\,dx.$$

On trouve ainsi pour les deux files en $x_1 = \pm L/2$, déduction faite de la vitesse moyenne due aux demi-tourbillons origines

$$v_m(0) = -\frac{\Gamma}{2\pi}\operatorname{Log}\frac{\sinh\frac{\pi L}{h}}{\frac{\pi L}{h}}.$$

On trouve de même pour les doubles files dont le milieu est en $x_1 = \pm mb$:

$$v_{m(mb)} = -2\frac{\Gamma}{4\pi}\operatorname{Log}\left[1 - \frac{\sinh^2\frac{\pi L}{h}}{\sinh^2\frac{\pi m b}{h}}\right].$$

Et la vitesse moyenne résultante sera

$$v_m = -\frac{\Gamma}{2\pi L}\left\{\operatorname{Log}\frac{\sinh\frac{\pi L}{h}}{\frac{\pi L}{h}} + \sum_{m=1}^{+\infty}\operatorname{Log}\left[1 - \frac{\sinh^2\frac{\pi L}{h}}{\sinh^2\frac{\pi m b}{h}}\right]\right\}.$$

Finalement les corrections $\Delta\alpha$ et ΔCx seront données par les expressions :

$$\Delta\alpha = Cz\frac{S}{S_0}\varepsilon; \qquad \Delta Cx = C^2z\frac{S}{S_0}\varepsilon$$

avec

$$\varepsilon = \frac{-1}{4\pi\left(\frac{L}{b}\right)^2\frac{b}{h}}\left\{\operatorname{Log}\frac{\sinh\frac{\pi L}{h}}{\frac{\pi L}{h}} + \sum_{m=1}^{+\infty}\operatorname{Log}\left[1 - \frac{\sinh^2\frac{\pi L}{h}}{\sinh^2\frac{\pi mb}{h}}\right]\right\}.$$

Le tableau ci-après donne les valeurs de ε pour divers rapports L/b et b/h. Les séries étant très convergentes, il suffit de calculer avec $m = 1$ et $m = 2$. Enfin dans le cas limite où $L = 0$, les doubles files de demi-tourbillons sont remplacées par des files de demi-doublets de tourbillons

et la valeur de ε est donnée par l'expression

$$\varepsilon_{(L\to 0)} = \frac{\pi}{4}\frac{b}{h}\left[-\frac{1}{6}+\sum_{m=1}^{+\infty}\frac{1}{\sinh^2\frac{\pi m b}{h}}\right].$$

Les résultats correspondants ont été inclus dans le tableau.

Valeurs de ε pour divers b/h et divers L/b.

	b/h.				
L/b.	0.25.	0,50.	1,00.	2,00.	4,00.
0	+0,267	+0,0118	−0,125	−0,262	−0,523
0,2	+0,284	+0,025	−0,119	−0,247	−0,443
0,5	+0,319	+0,036	−0,1085	−0,207	−0,298
0,8	+0,469	+0,111	−0,0695	−0,1635	−0,239

On voit que *les corrections sont nulles* pour les veines rectangulaires semi-guidées dans les conditions indiquées quand $b/h = 0{,}6$ et $L/b = 0{,}5$ et de même quand $b/h = 0{,}75$ et $L/b = 0{,}8$.

Toutefois au point de vue commodité expérimentale la disposition semi-guidée par des parois horizontales semble préférable.

Remarque. — Les valeurs positives de ε correspondent à une vitesse induite ascendante et les corrections correspondantes s'ajoutent aux valeurs expérimentales.

HYDRODYNAMIQUE EXPÉRIMENTALE. — *Sur une nouvelle méthode optique d'exploration d'un champ de vitesses bidimensionnel.* Note [1] de M. **Ch. Sadron**, présentée par M. Henri Villat.

On sait depuis Maxwell que les suspensions colloïdales, ainsi qu'un grand nombre de liquides purs, présentent, lorsqu'ils sont en mouvement, une double réfraction accidentelle dans les régions où le gradient de vitesse est différent de zéro.

De l'ensemble des travaux récents il résulte que, dans un mouvement bidimensionnel, il existe en chaque point deux axes optiques pour lesquels la différence des indices de réfraction satisfait à

$$n_\alpha - n_\beta = \mu \mathcal{B} \left[\frac{du}{dn}\right],$$

[1] Séance du 6 novembre 1933.

où n est la normale à la vitesse u, μ est la viscosité et $\mathcal{B}$ un facteur, appelé parfois constante de Maxwell.

Les données expérimentales relatives à $\mathcal{B}$ ont une valeur très douteuse. La presque totalité des auteurs étudient en effet la biréfringence d'un liquide placé entre deux cylindres circulaires coaxiaux comme si le mouvement était laminaire. Or cette hypothèse est controuvée dans la plupart des expériences, notamment dans celles de Vorlander et Walter sur lesquelles repose la vérification numérique que Raman et Krishnan ont faite de leur théorie.

Nous avons utilisé la biréfringence de frottement pour l'étude de la distribution du champ des vitesses, en l'appliquant d'abord au cas d'un liquide mobile entre deux plans horizontaux.

Ce liquide (huile de sésame) s'écoulait avec une vitesse moyenne V constante (de l'ordre de 1 m/sec) dans un canal de 45^{cm} de longueur et de section droite rectangulaire. Celle-ci avait une longueur $e = 30^{cm}$ pour ses arêtes horizontales et $2h = 1^{cm}$ pour ses arêtes verticales. Le calcul montre que dans ces conditions on peut admettre avec une erreur inférieure à 4 pour 100 que l'écoulement est à deux dimensions.

Soit, dans une section droite déterminée, un axe vertical Oy coupant en O le plan horizontal médian. La vitesse en un point d'ordonnée y est

$$u = \frac{3V}{2}\left(1 - \frac{y^2}{h^2}\right), \qquad \text{d'où} \qquad \frac{du}{dy} = -3V\frac{y}{h}.$$

La tranche liquide contenue dans cette section droite se comporte pour un faisceau de lumière parallèle horizontal, contenu dans son plan, comme une lame cristalline dont les axes optiques sont à 45° sur la direction de l'écoulement et dont la double réfraction dépend de y. On a, en effet,

$$D(y) = e(n_\alpha - n_\beta) = e\mathcal{B}\mu\, 3V\frac{y}{h^2},$$

Pour mesurer D nous avons employé un dispositif interférométrique classique (*fig.* 1). Les nicols N_1 et N_2 ont leurs sections respectivement parallèle et perpendiculaire à l'écoulement. La lame de gypse G est d'onde pour $\lambda_0 = 0^{\mu},580$. Ses axes optiques sont à 45° de la direction de l'écoulement, donc parallèles aux axes optiques de la tranche liquide.

Un faisceau de lumière bien parallèle aux parois horizontales du canal traverse celui-ci par les glaces qui constituent les parois verticales. Il est reçu sur la fente F d'un spectrographe. Le champ de celui-ci est suffisant

pour que le spectre soit limité par l'ombre portée par les parois du canal.

Quand l'huile est au repos une frange noire de longueur d'onde $\lambda_0 = 0^{\mu},580$ apparaît dans le spectre (en réalité cette frange est déformée

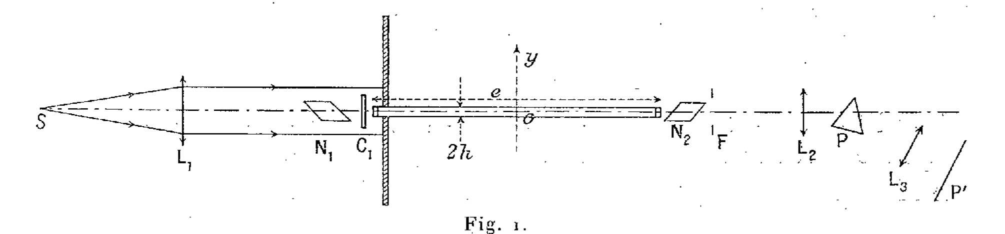


Fig. 1.

par la double réfraction des glaces du canal). Quand l'huile est en mouvement la longueur d'onde éteinte est $\lambda = \lambda_0 + D(y)$.

L'expérience consiste à photographier successivement le spectre quand l'huile est au repos et quand elle est en mouvement.

Il reste pour obtenir $D(y)$ à mesurer au comparateur le déplacement $\lambda - \lambda_0$ pour chaque valeur de y. La figure 2 traduit une expérience.

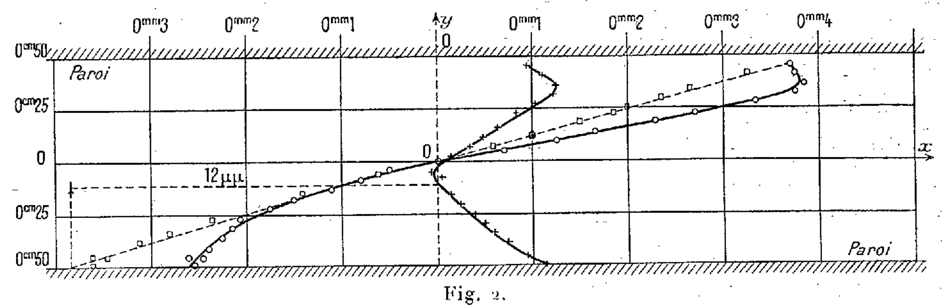


Fig. 2.

Répartition de $\frac{du}{dy}$ en fonction de y dans la section droite Oy.

+ Frange d'interférence d'huile au repos.

○ Frange d'interférence d'huile en mouvement.

□ Déplacement de la frange.

On trouve que le déplacement est une fonction linéaire de y; il en est de même de $D(y)$. Il s'ensuit que dans l'intervalle des gradients de vitesse utilisés ($0 < du/dy < 700 \text{ sec}^{-1}$) le facteur B reste constant.

Connaissant μ et V on trouve que $B = 9.10^{-11}$ C. G. S. à 15 pour 100 près.

L'erreur commise sur $\lambda - \lambda_0$ est, au voisinage des parois, inférieure à 8 pour 100. C'est une erreur de cet ordre de grandeur que l'on peut escompter si l'on emploie maintenant la mesure de D pour la détermination de du/dy dans un écoulement quelconque.

Si celui-ci est curviligne on ne mesure plus du/dy mais $du/dy - u/R$.

Insistons sur le fait que l'on peut, avec des précautions convenables, mesurer le gradient de vitesse au voisinage d'une paroi jusqu'à une distance de celle-ci de l'ordre du dixième de millimètre. D'où l'intérêt fondamental de la méthode proposée, pour l'étude de la couche limite.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Enregistrement des manifestations piézométriques consécutives au cognement dans les moteurs à explosion.* Note [1] de M. **Max Serruys**, transmise par M. J.-L. Breton.

Poursuivant une étude entreprise avec le concours du Service des Recherches de l'Aéronautique nous sommes arrivé aux résultats suivants :

1. Enregistrement simultané des pressions en deux points différents de la chambre de combustion. — *a. Régime non détonant.* — Les enregistrements obtenus *simultanément* (*fig.* 1 — trois cycles consécutifs superposés) avec des capsules de sensibilité et de fréquences propres très différentes (rapport des sensibilités 1/3, fréquences 19600 et 26400 périodes par seconde) *sont identiques, à l'échelle près, sur toute leur étendue*, bien que la combustion soit très rapide (forte turbulence) et la distance des points de branchement égale à 50^{mm}.

Il en résulte à notre avis, d'une part que l'enregistrement obtenu n'est pas sensiblement affecté par l'inertie de l'appareil [2] (puisqu'en réduisant celle-ci de moitié on ne constate aucun changement), d'autre part qu'en régime non détonant les différences de pression pouvant exister entre les deux points de la chambre de combustion considérés sont assez faibles pour demeurer cachées, c'est-à-dire certainement inférieures à 100 gr/cm² et ceci bien qu'on soit très près de la limite inférieure du cognement.

b. Régime détonant. — Le diagramme de la figure 2 a été pris dans des conditions analogues aux précédentes, mais en régime détonant d'intensité plutôt faible, de manière à permettre un bon enregistrement ; en outre les points de branchement des capsules sur la chambre de combustion sont assez éloignés de la zone de détonation.

Sur ces diagrammes on peut constater :

1° Que la détonation provoque aux points étudiés et *tout à fait à la fin de la combustion*, un accroissement de pression de l'ordre de 3 à 4 kg/cm²

---

(1) Séance du 13 novembre 1933.

(2) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1083.

pour un laps de temps qui varie de 1/10000e *à* 1/20000e *de seconde environ.*

2° Que cette surpression initiale n'atteint pas les deux appareils enregistreurs en même temps, *mais avec un intervalle de temps de* 1/10000e *de seconde* environ, ce qui correspond, pour la distance de 5^{cm} qui sépare les points de branchement, à une vitesse de propagation de la pression de 500^{m} *par seconde environ.*

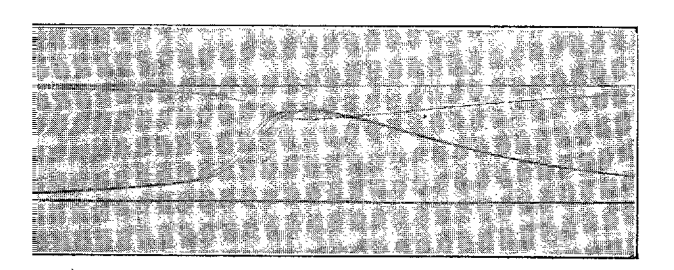


Fig. 1. — Enregistrements simultanés, régime non détonant. Échelles différentes. Réduction à un tiers.

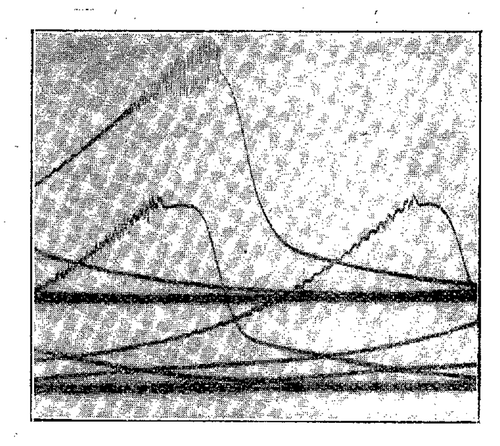


Fig. 3. — Détonations d'égales intensités plus ou moins proches du manographe. Réduction de moitié.

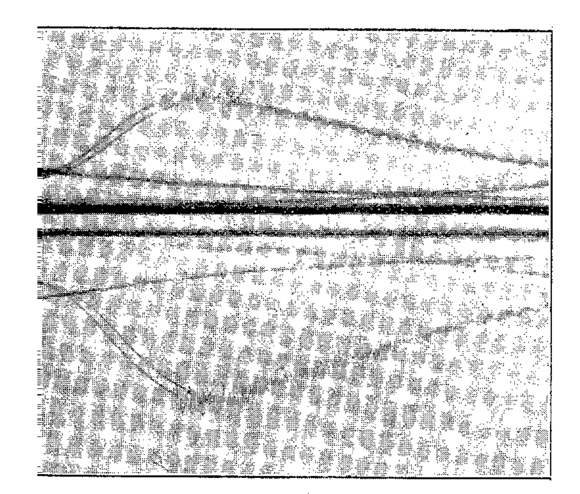


Fig. 2. — Enregistrements simultanés en régime détonant.

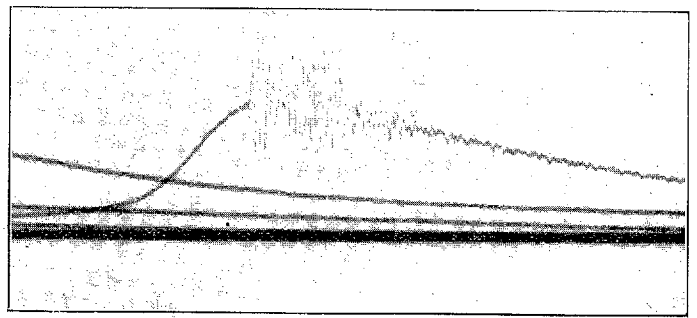


Fig. 4. — Forte détonation près du manographe.

3° Que la surpression initiale provoquée par la détonation est suivie d'une série d'impulsions d'intensité décroissante et dont la pseudo-période varie depuis 3/10000e de seconde au début jusqu'à 5/10000e de seconde vers la fin de la détente, ce qui écarte l'hypothèse d'une vibration parasite de l'appareil d'enregistrement et permet de calculer une vitesse de propagation de l'onde de 500 m/sec environ immédiatement après la détonation pour un trajet de 15^{cm}. L'accroissement de la pseudo-période des impulsions

s'explique facilement par le refroidissement des gaz qui diminue la vitesse de propagation et par l'augmentation des dimensions de la chambre qui accroît le chemin parcouru.

2. Enregistrement unique en régime détonant. — *a*. La figure 3 correspond à l'enregistrement de deux régimes détonants d'intensités analogues, la détonation étant localisée pour l'un près de l'appareil enregistreur et pour l'autre loin de celui-ci. On voit que, dans le premier cas, l'impulsion reçue par le manographe est bien plus grande que dans le second. Dans le second cas au contraire on voit que la surpression initiale ne dépasse pas de beaucoup le niveau de la courbe moyenne de détente.

b. La figure 4 correspond à un diagramme pris en un point très voisin de la zone de détonation et cette dernière est assez forte; la surpression atteint 12 kg/cm² et correspond à une durée de 1/30000ᵉ de seconde.

Conclusion. — Ces nouveaux renseignements et ceux que nous avons déjà publiés sur la détonation apportent la preuve matérielle que le cognement présente en général les caractères suivants :

1° Il se produit à la fin de la combustion;

2° Il correspond à la combustion d'une faible partie du mélange carburé;

3° La faible durée de cette combustion qui est en général inférieure à 1/10000ᵉ de seconde ne permet pas à l'équilibre des pressions de se maintenir dans la chambre de combustion, en sorte que la surpression initialement produite est toujours très forte et nettement localisée (ainsi que l'échauffement des gaz et par conséquent des parois);

4° Les gaz qui ont détoné et dont la pression est très élevée se détendent ensuite vers les autres portions de la chambre de combustion avec formation d'ondes de pression;

5° L'intensité de celle-ci diminue rapidement quand la distance du point considéré au foyer de la détonation augmente et elle diminue aussi avec le nombre des réflexions successives.

La vitesse de propagation de ces ondes dans les gaz brûlés paraît être voisine de 500 m/sec pour une compression normale (5,5/1).

GÉOGRAPHIE. — *Sur le parcours probable de l'oued Tafassasset en aval du puits d'In-Afellallah.* Note ([1]) de MM. **Conrad Kilian** et **J. Petit-Lagrange**, présentée par M. J. Tilho.

La plupart des Touareg du nord affirment que le Tafassasset se prolonge fort loin dans la zone de désert absolu, désignée sous le nom de Ténéré, en décrivant un grand arc au sud d'In-Afellallah, qui, ramenant sa direction générale du S-S-E vers l'Ouest, le ferait passer entre les massifs montagneux du Hoggar et de l'Aïr, par le puits d'In-Azaoua, situé dans une vallée tributaire du Niger.

Barth, Duveyrier, Foureau, Chudeau, ayant adopté cette opinion, le Tafassasset fut ainsi figuré sur les cartes du Sahara, et l'oued In-Azaoua dénommé oued Tafassasset.

Pourtant, en 1877, von Bary avait noté que selon un indigène de l'Aïr le Tafassasset continuait son parcours non vers In-Azaoua, mais vers Bilma ([2]).

Ce problème géographique ne pouvait être résolu que par des raids à travers le Ténéré, entreprise particulièrement dure puisqu'il fallait affronter à chameau 500^{km} de désert, sans point d'eau et sans pâtis pour les animaux.

L'un de nous réussit, en 1927, à effectuer la traversée d'In-Azaoua à In-Afellallah par le Ténéré, puis, en 1928, celle de Tin-Taourdi (près Katelet) à Orida (près Djado). L'autre, quatre ans plus tard, réussit la traversée du Ténéré entre Tiouilmas (près Nabaro) et Chirfa (près Djado).

Sur le parcours Kilian, de Tin-Taourdi à Orida, on trouve entre les km 190 et 200 un large bas-fond à allure de thalweg, sensiblement orienté Nord-Sud, dont la cote altimétrique est environ 750^{m}; plus à l'Est on franchit à la cote 860 un dos rocheux, suivi d'un plat pays s'inclinant doucement vers l'Est (cote 680 au km 280).

Sur le parcours Petit-Lagrange, de Tiouilmas à Chirfa, vers le km 200, on franchit un thalweg très large et assez indécis, marqué de nettes traînées de galets, orienté sensiblement NNW-SSE, et dont la cote altimétrique est d'environ 400^{m}; le terrain de part et d'autre est bien découvert et se

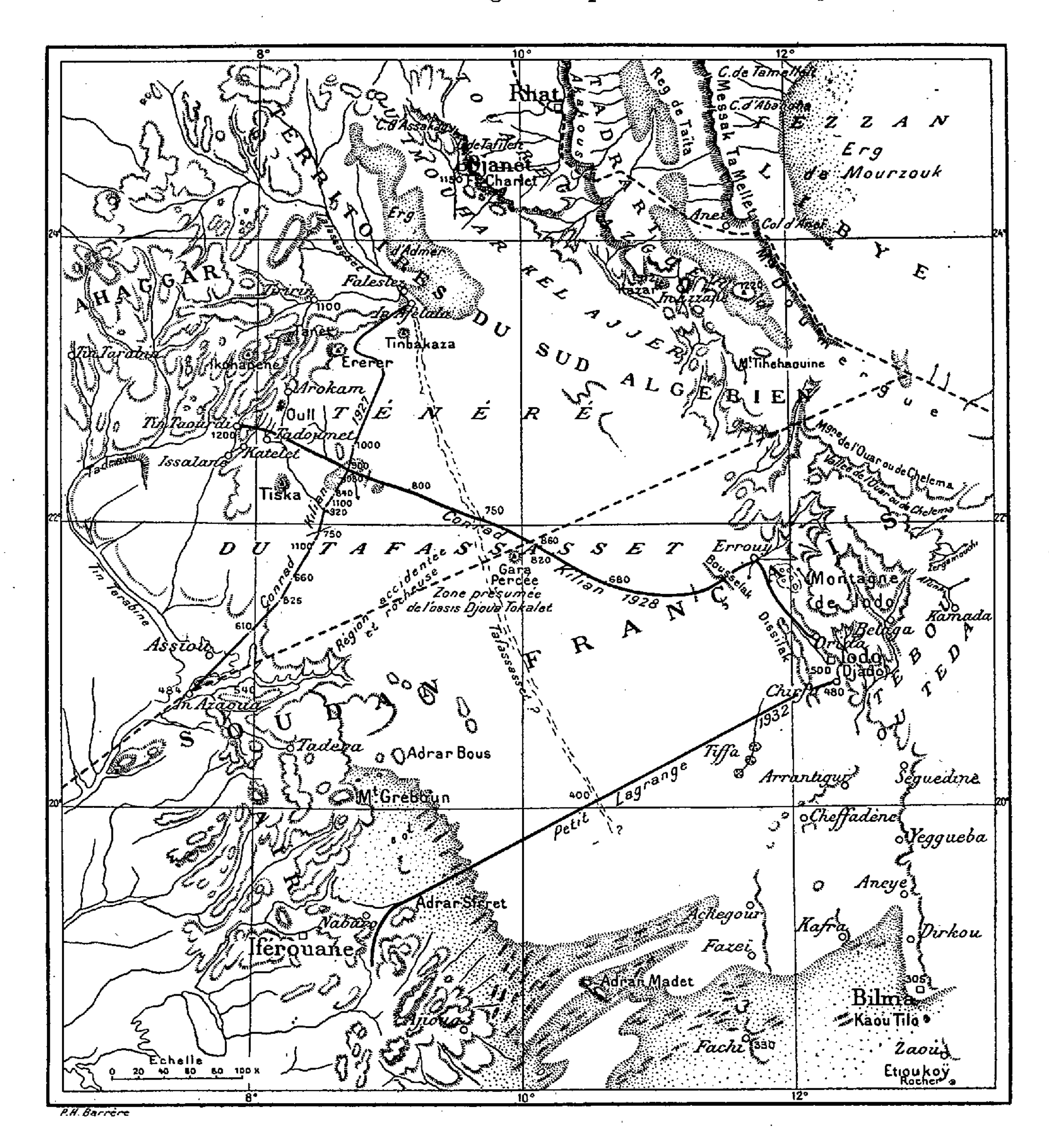
---

([1]) Séance du 20 novembre 1933.

([2]) Mention figurant sur la carte au 1/2000000e du Service géographique de l'Armée (Feuille Mourzouk révisée et complétée en 1895).

relève assez sensiblement, un peu moins toutefois vers l'Est que vers l'Ouest.

La comparaison de ces cotes et de ces observations nous amène tout naturellement à conclure à la très grande probabilité d'une pente continue



entre les thalwegs cotés 750 et 400 de nos deux itinéraires respectifs; ces deux points sont distants de 220^km environ et jalonnent une direction approximativement NNW-SSE prolongeant celle du Tafassasset depuis

In-Afellallah jusqu'au point 750, parcours reconnu par le lieutenant Toubeau en 1928, au cours de son raid de Djanet à Iferouane.

Ainsi le Tafassasset appartiendrait non au bassin du Niger mais au bassin paléotchadien; l'information de von Bary était donc plus près de la vérité que les affirmations des Touareg du Nord, qui, à la vérité, connaissent plutôt mal cette zone, parcourue surtout par les razzis des Toubous.

Remarques de M. J. Tilho *au sujet de la Note précédente.*

Les cotes altimétriques dont il vient d'être question proviennent uniquement de baromètres anéroïdes différents, dont les indications n'ont pu être périodiquement comparées à celles d'instruments donnant exactement la pression atmosphérique locale; de plus les observations ont été faites non seulement à plusieurs années d'intervalle, mais surtout à des saisons différentes : il n'en pouvait d'ailleurs être autrement, en raison des rudes difficultés que MM. Kilian et Petit-Lagrange avaient à surmonter au cours de leurs excursions à travers une zone de désert absolu que les Toubous eux-mêmes désignent parfois sous le nom de « pays de la mort ». Il convient par suite de noter que ces cotes altimétriques présentent des incertitudes de l'ordre de 30 à 100^{m}, et même davantage.

Sous cette réserve, on doit remarquer que :

1° Entre le point de cote 750^{m} de M. Kilian — qui appartient bien à l'oued Tafassasset, celui-ci ayant été reconnu sur tout son parcours, de sa naissance dans la région d'Ounane, au nord du Hoggar jusqu'en ce point — et le point coté 400^{m} où M. Petit-Lagrange a coupé la dépression qui pourrait être le prolongement du Tafassasset, s'étend une zone inexplorée de 220^{km} de largeur.

Autant qu'en ont pu juger ces deux explorateurs, l'atmosphère étant assez limpide lors de leur passage, cette zone paraît dépourvue de tout relief sensible.

2° Par contre, entre le point 750 de M. Kilian et l'oued In-Azaoua (altitude au puits, 484^{m} et à 50^{km} en amont, vers l'Est, 504^{m}), il semble que le terrain soit parsemé de reliefs rocheux d'importance variable, selon les indications du lieutenant Toubeau qui a traversé cette région au cours d'un raid entre In-Ezzan et In-Azaoua.

3° Par suite, tout coude brusque du Tafassasset vers l'Ouest, en aval du

point 750 semblerait injustifié d'après les formes connues du terrain, tandis que le maintien de la direction NNW-SSE paraît plus probable.

L'hypothèse de MM. Kilian et Petit-Lagrange mérite donc d'être prise en sérieuse considération.

Elle ne pourrait d'ailleurs être confirmée ou infirmée que par une reconnaissance de la zone séparant les points cotés 750 et 400, reconnaissance qui, en l'absence de tout point d'eau et de tout pâturage, ne devrait être entreprise qu'en automobile; en ce cas, le point de départ le plus favorable serait sans doute le puits d'Achegour, à 130^{km} environ à l'Ouest de Bilma; le trajet à effectuer (aller et retour) serait de près de 800^{km}, en terrain vraisemblablement favorable à l'auto.

Elle permettrait, peut-être, en outre, de découvrir la mystérieuse petite oasis de Djoua-Tokalet, dont les Toubous gardent jalousement secrète la position, car elle leur servait, dit-on, de point de concentration et de ralliement, à l'occasion de leurs expéditions contre les Touareg, leurs ennemis héréditaires.

ÉLECTRONIQUE. — *Matérialisation d'électrons lors du choc de deux électrons. Processus divers d'annihilation des électrons positifs.* Note de M. **Francis Perrin**, présentée par M. Jean Perrin.

1. L'analogie des actions d'un électron de grande vitesse et d'un photon de même énergie fait penser qu'une paire d'électrons positif et négatif doit pouvoir être matérialisée lors du choc sur un noyau atomique d'un électron ayant une énergie cinétique supérieure à l'ènergie propre $2mc^2$ de deux électrons (soit environ 1 million d'électron/volts). L'éventualité d'une telle matérialisation a été considérée par Furry et Carlson [1] et sa probabilité déduite de la théorie de Dirac serait du même ordre de grandeur que pour un photon.

On peut aussi envisager la possibilité d'une matérialisation d'électrons lors du choc de deux électrons, phénomène analogue à la matérialisation d'électrons par interaction d'un photon et d'un électron étudiée dans une Note antérieure [2]. Je rappelle que la conservation de l'impulsion exige, pour ce dernier phénomène, que le photon ait une énergie supérieure

(1) Furry et Carlson, *Phys. Rev.*, 44, 1933, p. 237.

(2) Francis Perrin, *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 1100.

à $4\,mc^2$. On peut de même chercher quelle est l'énergie cinétique minimum pour qu'un électron venant heurter un électron immobile puisse créer une paire d'électrons.

Soit $\beta_0 c$ la vitesse de l'électron incident par rapport au référentiel d'observation où l'électron heurté est au repos. En écrivant que, dans le référentiel auxiliaire de vitesse $\beta c = \beta_0 c/(1+\sqrt{1-\beta_0^2})$ par rapport auquel les deux électrons ont des vitesses, et par suite, des impulsions égales et opposées, toute l'énergie cinétique peut servir à créer la masse intrinsèque des nouveaux électrons, on trouve que la vitesse minimum que doit avoir l'électron incident dans le référentiel d'observation est $\beta_{0m} c = 4\sqrt{3}/7c$, ce qui correspond à l'énergie cinétique minimum [1]

$$\varepsilon_m = mc^2\left(\frac{1}{\sqrt{1-\beta_{0m}^2}} - 1\right) = 6\,mc^2.$$

Ainsi, *la matérialisation n'est possible lors du choc d'un électron sur un électron au repos que si l'énergie cinétique de l'électron incident est supérieure à* $6mc^2$ (environ 3 millions d'électron/volts). Pour cette valeur minimum, les quatre électrons existant après la matérialisation (électron incident, électron heurté, électron positif et électron négatif matérialisés) seraient projetés dans la direction de la trajectoire de l'électron incident avec la même vitesse $\beta_m c = \sqrt{3}/2c$.

Pour une valeur de l'énergie cinétique de l'électrou incident plus grande que $6mc^2$, les quatre électrons seront encore projetés vers l'avant, mais avec des vitesses diverses et plus ou moins obliques; il y aura donc alors production d'une *gerbe* de quatre électrons issus d'un même point, observable dans un appareil Wilson sous forme d'une fourche à quatre branches. Un tel mécanisme explique peut-être certaines des petites gerbes d'au plus quatre corpuscules observées fréquemment dans les radiations associées au rayonnement cosmique [Skobelzyn [2], Anderson [3]], mais il ne peut pas

---

(1) D'une façon générale on trouve que l'énergie cinétique minimum que doit avoir une particule de masse m_1 venant heurter une particule immobile de masse m_2, pour que la matérialisation d'une paire d'électrons soit possible, est

$$\varepsilon_m = 2\,mc^2\,\frac{m + m_1 + m_2}{m_2}.$$

(2) Skobelzyn, *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 118.

(3) Anderson, *Phys. Rev.*, **41**, 1932, p. 405.

faire comprendre les gerbes d'un plus grand nombre de corpuscules découvertes par Blackett et Occhialini [1].

2. L'annihilation d'un électron positif de faible vitesse par recombinaison avec un électron négatif (dématérialisation) peut se produire, dans le vide, avec émissions simultanées de deux photons, émis dans des directions opposées et de même énergie $h\nu_1 = mc^2$ (environ 510 KVe), ou, en présence d'un noyau atomique, avec émission d'un seul photon d'énergie double $h\nu_2 = 2mc^2$ (environ 1020 KVe).

Mais cette annihilation doit aussi pouvoir se produire suivant les processus inverses des processus de matérialisation par interaction d'un photon, ou d'un électron, avec un électron. Cette inversion conduit aux deux mécanismes suivants :

1° *Annihilation d'une paire d'électrons en présence d'un autre électron, avec projection de cet électron et émission d'un seul photon.* — L'énergie $2mc^2$ libérée par la dématérialisation doit se partager entre l'électron projeté et le photon de façon qu'ils aient des impulsions égales et opposées. On trouve ainsi que le photon aura une énergie $h\nu_3 = 4/3\,mc^2$ (environ 680 KVe), et l'électron une vitesse $\beta c = 4/5\,c$ et une énergie cinétique égale à $2/3\,mc^2$ (environ 340 KVe).

2° *Annihilation d'une paire d'électron en présence de deux autres électrons, avec projections de ces électrons dans des directions opposées et sans émission de photon.* — Les deux électrons projetés auraient chacun une énergie cinétique égale à mc^2 (environ 510 KVe) correspondant à une vitesse $\beta c = \sqrt{3}/2\,c$.

Ces phénomènes seraient le mieux mis en évidence par l'étude, avec un appareil Wilson, de fins de trajectoires d'électrons positifs, d'où devrait partir parfois une trajectoire d'électron négatif rapide ($H\rho = 2270$ gauss/cm) (premier processus), et parfois deux telles trajectoires opposées ($H\rho = 2950$) (deuxième processus).

---

(1) Blackett et Occhialini, *Proc. Roy. Soc.*, A, 139, 1933, p. 699.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur les ondes de L. de Broglie dans un champ gravifique et électromagnétique quelconque.* Note (¹) de M. J. Géhéniau, présentée par M. Louis de Broglie.

Nous montrons, dans cette Note, que la mécanique ondulatoire du point matériel électrisé est en parfaite harmonie avec la dynamique einsteinienne : le système de Jacobi relatif à la particule électrisée, tel que l'a obtenu Th. De Donder (²), définit, en effet, les surfaces caractéristiques de l'équation relativiste générale de la mécanique ondulatoire.

1. *Dynamique relativiste du point matériel électrisé.* — Considérons un espace-temps (x^1, x^2, x^3, x^4), dans lequel se meut un point matériel électrisé dont le temps propre s/c s'accroît, le long de la trajectoire de ce corpuscule, suivant la relation

$$(ds)^2 = g_{\alpha\beta}\, dx^\alpha\, dx^\beta \qquad (\alpha, \beta = 1, \ldots, 4). \tag{1}$$

L'équation de Jacobi régissant ce mouvement, dans un champ gravifique $g_{\alpha\beta}$ et électromagnétique Φ_α quelconque, a été obtenue par Th. De Donder sous la forme (²)

$$\frac{1}{2} g^{\alpha\beta}\left(\frac{\partial S}{\partial x^\alpha} - \frac{e_0}{c}\Phi_\alpha\right)\left(\frac{\partial S}{\partial x^\beta} - \frac{e_0}{c}\Phi_\beta\right) + m_0 c\frac{\partial S}{\partial s} = 0, \tag{2}$$

avec la condition nécessaire

$$\frac{\partial S(x^1, \ldots, x^4, s)}{\partial s} = -\frac{m_0 c}{2}. \tag{3}$$

e_0 et m_0 sont respectivement la charge et la masse de la particule, mesurées au repos.

Posons $\varepsilon \equiv e_0/m_0 c^2$. Le système (2) et (3) est alors équivalent au système formé par (3) et par l'équation homogène en $\partial S/\partial x^\alpha$ et $\partial S/\partial s$ suivante :

$$J(S) \equiv g^{\alpha\beta}\left(\frac{1}{2}\frac{\partial S}{\partial x^\alpha} + \varepsilon\Phi_\alpha\frac{\partial S}{\partial s}\right)\left(\frac{1}{2}\frac{\partial S}{\partial x^\beta} + \varepsilon\Phi_\beta\frac{\partial S}{\partial s}\right) + \left(\frac{\partial S}{\partial s}\right)^2 = 0. \tag{4}$$

2. *Mécanique ondulatoire relativiste du point matériel électrisé.* — En

(¹) Séance du 13 novembre 1933.

(²) Th. De Donder, *Ann. de l'Observatoire royal de Belgique* (Paris, Gauthier-Villars, 1921); voir éq. (356) à (362), et *Mém. des Sciences math.*, fasc. **43**, 1932, § **18**, éq. (233).

considérant le premier membre de (4), on est amené à poser :

$$J(\Psi) = g^{\alpha\beta}\left(\frac{1}{2}\frac{\partial\Psi}{\partial x^\alpha} + \varepsilon\Phi_\alpha\frac{\partial\Psi}{\partial\sigma}\right)\left(\frac{1}{2}\frac{\partial\Psi}{\partial x^\beta} + \varepsilon\Phi_\beta\frac{\partial\Psi}{\partial\sigma}\right) - \left(\frac{\partial\Psi}{\partial\sigma}\right)^2, \tag{5}$$

où Ψ est, en général, une fonction complexe des variables spatio-temporelles x^1, x^2, x^3, x^4, et d'une variable auxiliaire indépendante σ. On a donc, en désignant par Ψ' et Ψ'' deux fonctions réelles,

$$\Psi(x^1, \ldots, x^4, \sigma) \equiv \Psi'(x^1, \ldots, x^4, \sigma) + i\Psi''(x^1, \ldots, x^4, \sigma). \tag{6}$$

M. Th. De Donder a déduit, de cette forme (5), l'équation relativiste générale de la mécanique ondulatoire du point matériel électrisé, au moyen du principe variationnel suivant (¹) :

$$\frac{1}{\sqrt{-g}}\frac{\delta J(\Psi)\sqrt{-g}}{\delta\Psi} = 0, \tag{7}$$

où

$$\frac{\delta}{\delta\Psi} \equiv \frac{\partial}{\partial\Psi} - \frac{d}{dx^\alpha}\left(\frac{\partial}{\partial\frac{\partial\Psi}{\partial x^\alpha}}\right) - \frac{d}{d\sigma}\left(\frac{\partial}{\partial\frac{\partial\Psi}{\partial\sigma}}\right). \tag{8}$$

En explicitant l'équation (7), nous obtenons

$$D(\Psi) \equiv \frac{1}{2}\Box\Psi + 2\varepsilon\Phi^\alpha\frac{\partial^2\Psi}{\partial x^\alpha\,\partial\sigma} + 2(\varepsilon^2\Phi^\alpha\Phi_\alpha - 1)\frac{\partial^2\Psi}{\partial\sigma^2} + \frac{\varepsilon}{\sqrt{-g}}\frac{\partial}{\partial x^\alpha}(\Phi^\alpha\sqrt{-g})\frac{\partial\Psi}{\partial\sigma} = 0, \tag{9}$$

où

$$\Box\Psi \equiv \frac{1}{\sqrt{-g}}\frac{\partial}{\partial x^\alpha}\left(\sqrt{-g}\,g^{\alpha\beta}\frac{\partial\Psi}{\partial x^\beta}\right). \tag{10}$$

Il est important de remarquer que D est un opérateur *réel et indépendant de la constante h de Planck;* au lieu de (9), on pourra donc étudier le système *réel* équivalent

$$D(\Psi') = 0 \quad \text{et} \quad D(\Psi'') = 0. \tag{11}$$

3. *Ondes ou surfaces caractéristiques de Cauchy-Hadamard.* Les ondes

$$\Omega(x^1, x^2, x^3, x^4, \sigma) = 0, \tag{12}$$

(¹) Th. De Donder, *Bull. Ac. royale de Belgique, Cl. des Sciences*, 5ᵉ série, **13**, 8 janvier et 5 février 1927, p. 27 et 79.

compatibles avec chacune des équations (11), doivent satisfaire à l'équation

$$(13)\qquad g^{\alpha\beta}\left(\frac{1}{2}\frac{\partial\Omega}{\partial x^\alpha}+\varepsilon\Phi_\alpha\frac{\partial\Omega}{\partial\sigma}\right)\left(\frac{1}{2}\frac{\partial\Omega}{\partial x^\beta}+\varepsilon\Phi_\beta\frac{\partial\Omega}{\partial\sigma}\right)-\left(\frac{\partial\Omega}{\partial\sigma}\right)^2=0.$$

Soit $\Omega \equiv \Omega(x^1, \ldots, x^4, \sigma)$ une solution de (13) renfermant la variable σ explicitement; l'équation (12) pourra alors s'écrire

$$(14)\qquad \boxed{\Omega \equiv \Omega_0(x^1, x^2, x^3, x^4) - \frac{m_0 c}{2}\sigma = 0},$$

d'où

$$(15)\qquad \frac{\partial\Omega}{\partial\sigma} = -\frac{m_0 c}{2}.$$

Pour *associer l'onde* (14) *au mouvement du point matériel*, il suffit d'ajouter l'équation

$$(16)\qquad \boxed{\sigma = s};$$

où s/c est *le temps propre* de ce point matériel.

On peut donc énoncer *le théorème* suivant : le système de Jacobi (4) et (5) définit les surfaces caractéristiques de Cauchy-Hadamard de chacune des équations (11) de la mécanique ondulatoire.

ÉLECTROTECHNIQUE. — *Stabilisation à la fréquence n du courant alternatif d'alimentation d'un réseau.* Note [1] de M. A. **Guillet**, présentée par M. A. Cotton.

En vue de l'interconnexion de réseaux indépendants, de la distribution de vitesses constantes et connues par moteurs synchrones, d'une distribution électrique facile et générale de l'heure, etc., il est nécessaire de maintenir, à une valeur imposée n, la fréquence du courant alternatif fourni par les génératrices des divers secteurs.

En principe, on peut chercher à réaliser cette condition à l'aide d'un régulateur de vitesse quelconque comportant précision et commodité d'emploi. Pourtant, dans le cas présent, les régulateurs fondés sur les particularités du phénomène de synchronisation semblent s'imposer. Et l'on sait qu'il y a alors deux manières d'opérer :

---

[1] Séance du 20 novembre 1933.

a. Un courant, d'intensité i variable avec ω, de valeur maximum i_m, atteignant l'état de résonance pour une capacité C et une self L telles que $4\pi^2 n^2 LC = 1$, agit sur le premier mobile du régulateur seulement dans l'intervalle $n - \varepsilon_1$, $n + \varepsilon_1$ pour lequel on a $i < i_m - \varepsilon$.

b. Le mouvement d'un vibrateur, répondant à la fréquence n', est entretenu à l'aide d'un électroaimant alimenté par le courant du secteur de fréquence n.

Alors le vibrateur se met en accord de fréquence avec le secteur et l'amplitude du mouvement oscillatoire, d'abord très petite, va en augmentant rapidement lorsque n s'approche de plus en plus de n' soit par valeurs croissantes, soit par valeurs décroissantes. L'amplitude ne reste notable et ne peut par suite intervenir dans la régulation que dans l'intervalle de variation $n - \varepsilon$, $n + \varepsilon'$ de la fréquence du secteur.

C'est sur un régulateur du type *b* comportant comme vibrateur un diapason de fréquence très voisine de celle que l'on doit imposer aux secteurs, que je désire appeler l'attention.

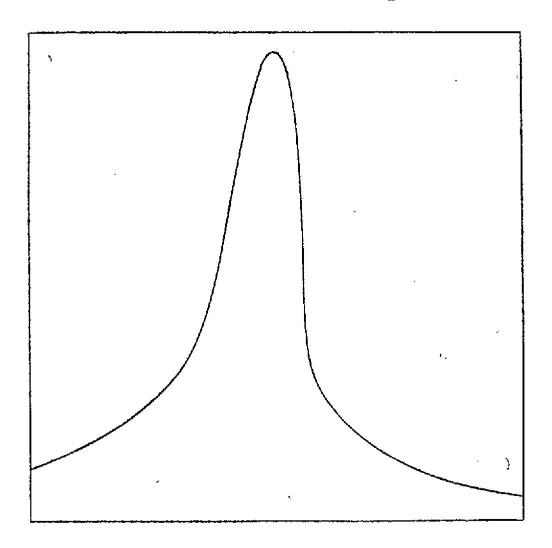
Par la méthode des battements et par l'enregistrement direct, on s'assure qu'il suffit de faire varier fort peu la fréquence n' d'un diapason auxiliaire D' servant à l'entretien du mouvement de D, pour que l'amplitude des oscillations des branches du vibrateur D, d'abord maximum, devienne presque insensible pour la même intensité i du courant d'entretien. Ainsi, partant de $n = n' = 50$, l'amplitude d'abord maximum s'évanouit avec les diapasons employés lorsque la période des battements de D et de D' se réduit à 12 secondes.

Ayant fixé sur D un miroir sphérique de $R = 3^m$ de rayon et modifié la fréquence n' de D' d'abord égale à $n = 50$ soit par addition, soit par soustraction progressives de masses de cire molle d'environ 4^{dg} chacune, puis lu chaque fois sur une règle l'amplitude correspondante du spot, on construit aisément la courbe de synchronisation du vibrateur D (voir figure). On voit que cette courbe correspond à une résonance aiguë que l'on pourrait étaler, s'il était nécessaire, par l'effet d'un amortissement auxiliaire.

Il faut maintenant déclencher le courant qui doit commander la régulation : pour cela un pendule basculeur P à longue période est poussé par l'une des branches du diapason D et maintenu incliné, dévié, à l'amplitude de D, en raison de la grande différence de fréquence entre D et P. Deux bras *b*, *b'*, solidaires de P et disposés en opposition dans le plan du mouvement de P, peuvent pénétrer alternativement dans le mercure que renferment des godets *g*, *g'* et fermer ainsi soit le circuit *bg*, soit le circuit *b'g'*.

On pourrait utiliser un seul diapason D, mais il est plus symétrique et plus sûr d'employer deux diapasons réglés, l'un à la fréquence $n + \varepsilon$, l'autre à la fréquence $n - \varepsilon$. Comme l'amplitude du premier s'exagère lorsque la fréquence n du réseau est trop élevée, on le fait servir à fermer le circuit *retard*. Le second assure le service *avance*.

On voit qu'un tel dispositif doit permettre de maintenir la vitesse ω à la valeur fixée avec une variation alternative de plus ou moins 1/600.



Le contrôle de marche du *stabilisateur de fréquence* ainsi établi est facile : L'axe d'un petit moteur synchrone à p paires de pôles alimenté par le courant réglé, tourne à raison de n/p tours par seconde, soit 3 tours 1/3 pour $n = 50$ et pour $p = 15$. En chargeant ce moteur de conduire un mouvement d'horlogerie par l'intermédiaire d'un engrenage réducteur de raison 3/10, on obtient un totalisateur de fréquence qui doit suivre exactement les indications d'une bonne horloge si la fréquence n reste égale à 50; l'écart des deux indications fait connaître le degré de perfection du système employé. Comme horloge de comparaison, il doit suffire d'utiliser les signaux horaires déclenchés à l'Observatoire de Paris et transmis par T. S. F. (1).

En raison de sa stabilité, de sa simplicité de construction et de fonctionnement ainsi que de la faible tolérance de marche qu'il permet, ce régulateur mécanique à fréquence propre paraît devoir répondre à son but.

(1) LEPAUTE, *Journal de Physique*, 7e série, 4, 1933, p. 58.

MAGNÉTISME. — *Les fluctuations du champ moléculaire et l'équation d'état magnétique du nickel.* Note [1] de M. L. **Néel**, transmise par M. Pierre Weiss.

Pour interpréter les propriétés du nickel, j'ai admis que les groupes de porteurs de moment, introduits dans la théorie exposée antérieurement [2], étaient en nombre variable avec l'aimantation. Une application rigoureuse de la théorie aux aimantations moyennes est impossible, car il faudrait connaître la relation entre le nombre des groupes et l'aimantation. J'ai cependant essayé de représenter les isothermes magnétiques au moyen des formules établies pour un nombre fixe de groupes; elles servent alors simplement de formules semi-empiriques d'interpolation où σ_0 et μ jouent le rôle de constantes d'ajustement fonctions de la température. Ces formules à deux paramètres permettent de représenter avec une très grande fidélité les isothermes magnétiques du nickel au voisinage du point de Curie. Remarque importante : pour les températures inférieures à 375°C., les valeurs ainsi déterminées oscillent autour de 58, valeur très voisine de la saturation absolue du nickel. Or, dans les formules, même considérées comme formules d'interpolation, σ_0 possède toujours la signification d'une saturation puisque c'est l'aimantation dans un champ extérieur infini. Ainsi, l'étude des isothermes, *au-dessus du point de Curie* (356° C.), montre, *a priori*, que l'aimantation à saturation du nickel est voisine de 58, bien que l'aimantation maximum atteinte pour les isothermes considérées ne dépasse pas le tiers de l'aimantation à saturation.

Dans le modèle semi-classique qui fait l'objet des calculs précédents, je n'avais envisagé que deux positions possibles pour le moment résultant : position parallèle au champ magnétique et position antiparallèle. En mécanique quantique, au contraire, on sait qu'un moment angulaire résultant S est quantifié dans la direction du champ magnétique avec les valeurs S, S — 1, ..., — S. Près de la saturation, c'est donc la loi de Langevin qu'il faut appliquer à la résultante magnétique du groupe et non pas la loi en tangente hyperbolique. Dans ces conditions, on obtient la loi d'approche à la saturation suivante :

$$\sigma = \sigma_0 \left[1 - \frac{kT}{N\mu(H + H_m)} - 2e^{-\frac{2\theta_p}{T}} \right]. \qquad (1)$$

(1) Séance du 20 novembre 1933.

(2) Néel, *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 1195.

Les constantes de cette formule ont été déterminées antérieurement ($\sigma_0 = 58,94$, $N = 750$, $\mu =$ magnéton de Bohr, $H_m = 2400\sigma$, $\theta_p = 655$) par l'étude du nickel paramagnétique [1]. La comparaison avec l'expérience [2] donne les résultats suivants; l'accord est très satisfaisant.

T° K.	$\sigma_{calc.}$	$\sigma_{obs.}$
100	58,11	58,13
150	57,68	57,71
200	57,12	57,08
250	56,24	56,20
288	55,31	55,34

En principe, cette formule semble essentiellement différente de la loi d'approche en $T^{\frac{3}{2}}$ fournie par la mécanique ondulatoire pour un groupe infini. En pratique la différence est négligeable sauf pour de basses températures où des mesures de saturation n'ont pas encore été faites. La formule (1) se met sous la forme $\sigma = \sigma_T(1 + bH)$. Le terme bH a été observé expérimentalement par Weiss et Forrer [2] (aimantation parasite). Le calcul donne $b = 0,29 \times 10^{-6}$, l'expérience : $b = 0,22 \times 10^{-6}$. La difficile interprétation de ce terme s'impose ici naturellement.

En résumé, l'équation d'état magnétique du nickel s'interprète complètement en supposant que le nombre d'électrons magnétiques varie avec l'aimantation : 0,83 par atome pour $\sigma = 0$, et 0,61 par atome à la saturation. L'allure des isothermes près du point de Curie s'explique en faisant la distinction entre champ moléculaire à courte distance, aux importantes fluctuations, et champ moléculaire à grande distance, à fluctuations négligeables. En particulier, j'ai ainsi déduit des propriétés du nickel paramagnétique la valeur de la saturation, la loi d'approche à la saturation, le terme d'aimantation parasite. Cet ensemble de faits montre la très grande probabilité du rôle des fluctuations du champ moléculaire.

Par suite, le problème essentiel du ferromagnétisme est, actuellement, l'interprétation *simultanée* de la saturation absolue et de la constante de Curie, données *indépendantes* des fluctuations ainsi que le point de Curie paramagnétique. Le reste : point de Curie ferromagnétique, courbe d'aimantation spontanée, discontinuité de la chaleur spécifique, loi d'approche, etc., s'interprétera ensuite naturellement par l'intervention

---

(1) Seule la constante σ_0, qui n'est pas déterminée par les expériences paramagnétiques avec une précision suffisante, a servi ici de constante d'ajustement.

(2) *Ann. de Physique*, **12**, 1929, p. 322.

des fluctuations qui dépendent de la distribution des énergies d'interaction entre porteurs de moment. Les irrégularités observées, près du point de Curie, tiennent à ce voisinage, n'impliquent pas de changement d'état et n'ont pas de portée générale.

ÉLECTROCHIMIE. — *Remarques sur la théorie de la surtension des métaux.* Note de M. N. **Thon**, présentée par M. G. Urbain.

I. Les théories modernes de la surtension cathodique (Butler, Bowden et Rideal, Volmer, Gurney) admettent une énergie d'activation aussi bien pour la neutralisation des cations que pour l'ionisation des atomes. Soient U_n la valeur de la première, U_i celle de la dernière, pour le potentiel zéro de l'électrode. L'existence à l'électrode d'une différence de potentiel V abaisse U_n de αVF et augmente de βVF la valeur de U_i. On peut donc poser, pour la vitesse de décharge des cations,

$$-\frac{dc_+}{dt}=k_n c_+ e^{-\frac{U_n-\alpha VF}{RT}}=k'_n c_+ e^{\frac{\alpha VF}{RT}} \tag{1}$$

et, pour la vitesse d'ionisation des atomes,

$$-\frac{dc_A}{dt}=k_i c_A e^{-\frac{U_i+\beta VF}{RT}}=k'_i c_A e^{-\frac{\beta VF}{RT}}, \tag{2}$$

c_+ et c_A désignant respectivement les concentrations des atomes. On démontre facilement que $\alpha+\beta=1$.

II. Nous montrons que l'allure des courbes de polarisation du dépôt cathodique et de dissolution anodique des métaux conduit à la conclusion $\alpha=\beta=0,5$. En effet, si l'on note V_0 le potentiel d'équilibre, η la surtension ($V=V_0\pm\eta$), l'intensité de courant i s'exprime dans un domaine suffisamment éloigné du point d'équilibre, où la vitesse de la réaction antagoniste peut être négligée, par les équations

$$\text{cathode :}\quad i=k'_n F c_+ e^{\frac{\alpha(V_0+\eta)F}{RT}}=k''_n F c_+ e^{\frac{\alpha\eta F}{RT}}; \tag{3}$$

$$\text{anode :}\quad i=k'_i F c_A e^{-\frac{\beta(V_0-\eta)F}{RT}}=k''_i F c_A e^{\frac{\beta\eta F}{RT}}. \tag{4}$$

Si $\alpha \lessgtr \beta$, on trouverait un domaine (voir ci-après, III) où l'une des deux équations (3) ou (4) pourrait être remplacée en première approximation par une relation linéaire, l'autre courbe conservant l'allure logarithmique.

Pour un métal dont la polarisation cathodique aurait l'allure linéaire, la polarisation anodique serait logarithmique et *vice versa*. Or, l'expérience montre que pour le même métal les deux courbes de polarisation présentent un caractère identique; exemples : Hg, ligne droite; Ni, courbe logarithmique.

III. A proximité de l'équilibre, dans le domaine des polarisations faibles, où $\alpha\eta F \ll \mathrm{RT}$, il convient, comme l'a signalé Butler, de tenir compte à la fois de la décharge et de l'ionisation. La relation entre i et η devient approximativement linéaire :

$$i = k' c_{+} F^2 \frac{2\alpha}{\mathrm{RT}} e^{\frac{\alpha V_0 F}{\mathrm{RT}}} \eta. \tag{5}$$

La valeur de α étant la même pour tous les métaux, le domaine de linéarité de la relation $i - \eta$ devrait avoir, dans tous les cas, la même étendue. De plus, on devrait observer une inflexion de la courbe de polarisation, dans le sens de l'allure logarithmique, déjà à partir de $\eta \geqq 2.10^{-4}$ volt; l'approximation linéaire n'est en effet admissible que pour $\eta < k\mathrm{T}/\alpha\varepsilon$ (ε = charge élémentaire). Ni l'une ni l'autre de ces conclusions n'est confirmée par l'expérience.

En particulier, dans le cas d'un métal ayant une forte tension de dissolution, comme le zinc, on est certainement obligé de tenir compte de l'ionisation jusqu'à des valeurs assez élevées de la polarisation cathodique, où la première approximation est insuffisante. Or, on n'observe pas, pour les solutions de sels simples de ce métal, d'inflexion qui correspondrait aux puissances plus élevées de η.

IV. En conclusion, l'extension de l'hypothèse des énergies d'activation aux métaux qui se déposent en cristaux bien formés (Pb, Zn, Cd, Bi, Cu, Ag) nous paraît prêter à des objections sérieuses. Dans ces cas, l'énegrie d'activation n'intervient probablement pas et ce sont les centres actifs, situés aux amorces des plans réticulaires et mis en évidence par Volmer, qui jouent le rôle prédominant. En ces points privilégiés de la cathode cristalline, les cations de métal s'insèrent dans le réseau *directement, sans décharge*, donc sans activation préalable.

V. Par contre, le rôle de l'énergie d'activation est prépondérant dans le cas des métaux du groupe du fer (Fe, Co, Ni) et des sels complexes des autres métaux, ainsi que le prouve l'allure logarithmique de leurs courbes de polarisation. Il s'ensuit que ces métaux ne se déposent pas par insertion directe dans le réseau, mais seulement par la voie indirecte de l'activation. L'hypothèse, formulée par Kohlschütter, suivant laquelle il y aurait dans

ces cas dépôt primaire de métal colloïdal non cristallin, nous paraît vraisemblable. Ce sont les ions étrangers, amenés par le courant, ions d'hydrogène dans le cas des métaux du groupe du fer, ions de métaux alcalins dans le cas des sels complexes, qui entravent l'insertion directe des cations. L'énergie d'activation qui conditionne la décharge s'interprète, d'après Le Blanc, comme étant liée à la déshydratation des ions hydratés ou à la décomposition des ions complexes par le choc des cations simples s'accumulant à la cathode.

VI. Sur la cathode gazeuse que nous avons décrite précédemment [1], l'absence de centres actifs impose même aux métaux cités sous IV, un mécanisme de dépôt par la voie de décharge activée, ce qui explique l'élévation observée de leur surtension.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur la cristallisation fractionnée du chlorure de baryum radifère.* Note de Mme **Branca Edmée Marques**, présentée par M. Jean Perrin.

J'ai montré [2] comment se produit la répartition du radium entre la phase solide et la phase liquide dans la précipitation fractionnée du chlorure de baryum radifère, faite dans des conditions spéciales.

Le but du présent travail était d'examiner la répartition en milieu neutre pour des cristallisations rapides, provoquées par l'action d'une forte agitation des solutions.

Des quantités successivement croissantes de sel de baryum radifère, de teneur en radium homogène [3], ont été mises en solution sous forme de chlorure. Ces solutions, préparées à une température élevée et absolument privées d'acide chlorhydrique par un traitement très soigneux, ont été placées dans un grand thermostat à $20 \pm 0,2$ degrés centigrades.

On peut remarquer que, pour des concentrations inférieures à environ 20 pour 100 en sel de baryum, la cristallisation commence quand l'équilibre thermique entre la solution et l'eau du thermostat est déjà atteint. Les solutions ont été bien agitées, dans le thermostat, à l'aide d'un moteur qui faisait un grand nombre de tours par minute; les récipients contenant les

---

(1) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 1114.

(2) B. E. Marques, *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1309.

(3) Yovanovitch et Mlle Chamié, *Comptes rendus*, **175**, 1922, p. 266.

solutions ont été installés de manière que leurs axes de rotation ne coïncident pas avec leurs axes géométriques, ce qui assure une agitation très parfaite des solutions.

Le tableau I donne les résultats de ces expériences. Le poids de chlorure de baryum a été déterminé à l'état anhydre, et les dosages de radium ont été faits par la méthode de l'émanation dégagée ([1]).

TABLEAU I.

Ba pour 100 dans les cristaux.	Ra pour 100 dans les cristaux.	λ ([2]).
3,27	10,52	3,36
4,25	13,61	3,37
5,86	18,21	3,32
7,23	22,34	3,33
9,69	28,38	3,28
10,34	30,19	3,29
12,27	34,01	3,25
14,51	40,93	3,27
16,03	44,67	3,19
16,91	44,41	3,17
17,10	46,77	3,32
20,01	50,89	3,18

Les valeurs de λ ont été récemment considérées constantes par Riehl et Käding ([3]) et par Mumbrauer ([4]).

Mes expériences montrent une légère décroissance de λ lorsque la teneur de baryum de la phase solide augmente.

Cette décroissance, quoique très faible, est significative; elle n'est pas due à des variations de température, qui pouvait être maintenue constante à $\pm 0,2$ près.

Conclusion. — La constance de λ dans la répartition du radium entre la phase solide et la phase liquide n'est pas vraiment atteinte par la cristallisation rapide, dans les conditions de ces expériences, bien que les petits cristaux formés soient très nombreux et réalisent une grande surface par rapport à la masse du sel de baryum cristallisé.

([1]) Mme P. CURIE, *Traité de Radioactivité*, **1**, 1910, p. 283.

([2]) $\log \frac{Ra^{++} \text{ dans la sol. avant la cristall.}}{Ra^{++} \text{ dans la sol. après la cristall.}} = \lambda \log \frac{Ba^{++} \text{ dans la sol. avant la cristall.}}{Ba^{++} \text{ dans la sol. après la cristall.}}$.

([3]) RIEHL et KÄDING, *Zeit. f. Phys. Chem.*, **149**, 1930, p. 180.

([4]) R. MUMBRAUER, *Zeit. f. Phys. Chem.*, **156**, 1931, p. 113.

PHYSICOCHIMIE. — *L'influence des sels neutres sur le pouvoir rotatoire du chlorhydrate de l'α-phényléthylamine.* Note de M. **Yeu Ki Heng**, présentée par M. Ch. Fabry.

Dans une série de publications, M. E. Darmois a montré que le pouvoir rotatoire des tartrates en solution aqueuse était très sensible à l'addition de sels neutres. L'explication a été cherchée dans une déformation de l'ion tartrique $[C^4H^4O^6]^{--}$ dans le champ des cations associés ([1]), cette déformation dépend de la charge du cation, de son rayon, et de la concentration de la solution. On rend compte ainsi par exemple de l'ordre dans lequel se rangent les courbes $(\alpha)_v = f(c)$ pour les tartrates alcalins purs. Un travail récent de Y. Peychés ([2]) a montré que la déformation est déjà sensible dans les solutions très étendues. La même hypothèse explique les modifications profondes de pouvoir rotatoire spécifique quand on dissout un tartrate dans une solution aqueuse d'un sel neutre inactif sur la lumière polarisée; les cations des sels ajoutés interviennent seuls en première approximation. Tous ces résultats concernent le pouvoir rotatoire d'un acide actif; il était indiqué d'effectuer un travail analogue sur une base active; nous avons choisi l'α-phényléthylamine.

L'α-phényléthylamine a été préparée à partir de l'acétophénone; on l'a transformée en acétophénoxime puis on a réduit cette dernière en α-phenyléthylamine. Dans le but d'avoir un produit très pur, nous avons préparé 200^g de l'amine racémique. Le dédoublement a été fait suivant les méthodes indiquées par Loven ([3]) et par Aechlimann ([4]). L'amine droite est séparée sous forme de bimalate. Après quatre recristallisations, on libère l'amine par la lessive de soude. Le pouvoir rotatoire de l'amine pure est, pour $l = 10^{cm}$, et $t = 26^o$ C. (radiations jaune, verte, indigo du mercure),

$$\alpha_J = 38^o,70, \qquad \alpha_v = 44^o,08, \qquad \alpha_I = 75^o,38.$$

Le chlorhydrate de l'amine a été préparé en faisant passer un courant de HCl gazeux dans une solution éthérée de l'amine. On le recristallise dans le benzène bouillant. Le pouvoir rotatoire spécifique est identique,

---

(1) *Ann. Phys.*, **10**, 1928, p. 70.
(2) *Journ. Phys.*, 7e série, **4**, 1933, p. 576.
(3) *Journal für praktische Chimie*, **72**, 1905, p. 307.
(4) *Journal of the Chemical Society of London*, **127**, 1926, p. 815.

aux erreurs d'expériences près, à celui trouvé par Leithe [1]. Le tableau ci-dessous donne les pouvoirs rotatoires spécifiques des solutions aqueuses du chlorhydrate :

C....	0,1 M.	0,2 M.	0,266 M.	0,4 M.	0,8 M.	1,5 M.	2 M.
$(\alpha)_J$.....	3,43	3,62	3,86	4,12	5,11	6,94	8,53
$(\alpha)_V$.....	3,93	4,13	4,45	4,76	5,93	8,23	9,90
$(\alpha)_I$.....	7,05	7,68	8,10	8,66	—	14,85	—

(α) augmente rapidement avec la concentration, le cation actif $[C^8H^{12}N]^+$ est donc fortement déformé dans le champ des anions associés. Nous avons essayé l'effet de sels neutres sur le (α) du chlorhydrate. Les solutions sont de concentration 0,2 M en chlorhydrate et variables en sel. Une trentaine de sels différents ont été employés systématiquement. Dans tous les cas, il y a une augmentation plus ou moins forte du pouvoir rotatoire. Les résultats généraux sont les suivants :

Pour les sels ayant le même anion, Cl par exemple, l'augmentation du pouvoir rotatoire est du même ordre de grandeur. A concentration égale en ion Cl^-, $ThCl^4$ donne une augmentation pas plus forte que KCl. Il n'y a aucun doute que le cation du sel neutre n'intervient pas, ce qui est conforme à l'hypothèse d'une action de l'anion du sel sur le cation actif.

Pour les sels halogénés d'un même cation, K^+ par exemple, l'effet croît dans l'ordre F, Cl, Br, I. Exemple : concentration du sel neutre, 2 M [$(\alpha)^+$ désigne le pouvoir rotatoire spécifique par rapport à l'ion $[C^8H^{12}N]^+$] :

Sel.....	KF.	KCl.	KBr.	KI.
$(\alpha)^+_V$....................	6,85	7,05	7,25	7,6

Il semble non seulement que le cation actif est influencé par le champ électrostatique créé par l'anion du sel, mais aussi que la masse de cet anion intervient. Les sulfates alcalins donnent des effets comparables entre eux; les sulfites donnent un effet encore plus fort. De tous les sels étudiés, c'est le phtalate de sodium qui a donné l'effet le plus fort constaté jusqu'ici, soit $(\alpha)^+_V = 22,7$ en solution 1 M en phtalate au lieu de $(\alpha)^+_V = 5,25$ dans l'eau. Le citrate de sodium, malgré la triple charge de son anion, donne un effet bien inférieur à celui du phtalate. Le ferrocyanure de sodium, avec son anion $[FeCy^6]^{----}$ est comparable au phtalate, au moins à concentration égale. Il semble que le pouvoir de déformation d'un anion dépend de sa charge, de sa masse, et aussi de sa configuration.

---

[1] *Monatshefte für Chemie*, 51, 1929, p. 381.

Un cas particulier est l'iodure de lithium. Tous les iodures alcalins donnent des effets comparables, sauf l'iodure de lithium, dont l'influence est très marquée; pour une solution 6M de LiI $(\alpha)_{v}^{+} = 38,1$. Une explication plausible est que l'ion Li^{+} est fortement hydraté; par conséquent, l'ion I^{-} doit l'être moins que dans les autres iodures, il peut s'approcher davantage de l'ion actif et le déformer sérieusement.

Avec les sels de sodium des acides gras homologues, nous avons trouvé des régularités très spéciales. Nous espérons revenir sur ce point.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Viscosité des solutions cellulosiques.* Note de Mme **A. Dobry** et M. **J. Duclaux**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

La viscosité des solutions de dérivés cellulosiques augmente très rapidement avec la concentration. La variation est du genre exponentiel; on peut la représenter approximativement par l'une des formules suivantes :

$$\log\eta = \log\eta_0 + kc \qquad \text{(Arrhenius)},$$
$$\log\eta = \log\eta_0 + k\log(1 + ac) \qquad \text{(Baker)}.$$

Bien que ces formules n'aient qu'une exactitude limitée, en ce sens que les constantes qu'elles renferment ne sont pas en réalité tout à fait indépendantes de la concentration, elles rendent des services en pratique, et c'est pourquoi l'on désigne sous le nom de *viscosité spécifique* d'un produit cellulosique la valeur du coefficient k d'Arrhenius mesurée pour une concentration de 2 pour 100.

Des opinions contradictoires ont été émises sur la relation entre la nature du solvant et la valeur de k. Dans un premier travail, J. Duclaux et E. Wollman ont indiqué que k est en première approximation indépendant de la nature du solvant, et représente par suite une propriété réellement spécifique. Cependant, si on le calcule d'après les mesures de Baker, on trouve des variations notables d'un solvant à l'autre. Enfin d'après Mc Bain les variations seraient au moins du simple au triple.

Pour expliquer ces contradictions, nous avons fait des mesures de viscosité, avec le tube d'Ostwald, en les étendant à des concentrations assez faibles (0,04 pour 100) pour que l'extrapolation fût possible jusqu'à l'origine. Toutes les mesures ont été faites sur le même échantillon de nitrocellulose, homogène, obtenu par précipitation fractionnée d'un produit à 11,4 pour 100 d'azote. La viscosité spécifique dans l'acétone était 77; ce nombre indique une viscosité moyenne.

Les valeurs du coefficient k (Arrhenius) ont été calculées pour une concentration infiniment petite (k_0).

	k_0.
Acide acétique	143
Acétone	126
Acétonitrile	135
Alcool méthylique	131
Formiate d'isobutyle	131
Acétate d'éthyle	139
Nitrobenzène	135
Cyclohexanone	143
Acétophénone + 3 pour 100 alcool absolu	139
Benzoate d'éthyle + 11 pour 100 alcool absolu	139
Salicylate de méthyle + 20 pour 100 alcool méthylique	143

D'un solvant à l'autre les variations de k_0 sont faibles; la règle de Duclaux et Wollman est donc confirmée pour les grandes dilutions qui donnent les phénomènes sous leur forme la plus simple.

Par contre, la variation de la viscosité avec la concentration, dès que celle-ci n'est plus très petite, dépend dans une large mesure du solvant, ce qui confirme les résultats de Mc Bain obtenus pour des concentrations moyennes. Le rapport entre la viscosité de la solution et celle du solvant pur, qui aux grandes dilutions est, comme nous venons de le voir, indépendant du solvant, en dépend au contraire largement aux dilutions moyennes. Il est par exemple le suivant pour des solutions à 1 pour 100 :

Acide acétique	13,9	Nitrobenzène	28,7
Acétone	8,4	Cyclohexanone	7,3
Acétonitrile	11,8	Acétophénone + alcool	10,7
Alcool méthylique	8,3	Benzoate d'éthyle + alcool	10,7
Formiate d'isobutyle	10,3	Salicylate de méthyle + alcool méthylique	12,2
Acétate d'éthyle	11,8		

La variation est encore plus forte pour des solutions plus concentrées, au point que la viscosité dans le nitrobenzène cesse d'être mesurable.

État des micelles en solution. — L'indépendance de k par rapport au solvant, pour les dilutions infinies, s'interprète au mieux si l'on admet que, contrairement à une opinion bien souvent émise et encore très répandue, les micelles ne sont ni gonflées, ni solvatées à un degré appréciable. Les rapports entre la micelle colloïdale et le solvant sont exactement les mêmes que ceux d'une molécule cristalloïde.

Viscosité spécifique. — La notion de viscosité spécifique est confirmée. Mais les nombres montrent que si, pour des besoins techniques, on peut se contenter de faire les mesures à une concentration voisine de 2 pour 100,

dans un solvant choisi, il faut dans les recherches scientifiques pousser les mesures jusqu'aux concentrations les plus faibles et extrapoler pour une dilution infinie.

Pouvoir solvant. — La pratique amène à considérer ce que l'on a appelé le pouvoir solvant des divers liquides vis-à-vis d'un même composé cellulosique. Il n'existe aucune définition précise de ce pouvoir, qui traduit seulement des différences dans les propriétés des solutions. Nos résultats permettent d'en donner une. Le meilleur solvant est celui qui permet d'obtenir les solutions les plus concentrées avec la viscosité la plus faible. C'est donc celui pour lequel la croissance de la viscosité avec la concentration est la plus lente. Avec la nitrocellulose que nous avons étudiée, le meilleur solvant est la cyclohexanone et le plus mauvais le nitrobenzène.

Volume d'encombrement. — D'après Staudinger, la variation rapide de la viscosité avec la concentration est due à l'encombrement de la solution par les sphères d'action des macromolécules. Il ne sera pas possible de juger cette conception avant qu'elle ait été développée mathématiquement. Toutefois nos mesures montrent déjà qu'elle est trop simple. L'encombrement est, en effet, à concentration égale, indépendant du solvant puisqu'il n'y a pas de solvatation (ou tout au moins une solvatation constante). Il ne peut donc expliquer à lui seul pourquoi la variation relative de viscosité est beaucoup plus grande avec certains solvants qu'avec d'autres.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur le module d'élasticité des bronzes α à l'état recuit* (1). Note de M. **Léon Guillet** fils, présentée par M. Léon Guillet.

Le choix de la déformation élastique que l'on impose à un corps pour mesurer son module d'élasticité n'est pas sans importance. La torsion et la flexion sont des déformations hétérogènes (2). Dans la traction, au contraire, si l'éprouvette a une longueur relativement grande par rapport à sa section, l'effort unitaire est le même en tout point de la section : la traction est une déformation homogène, qualité sur laquelle Bouasse avait déjà insisté. Mais, à égalité d'effort unitaire, les déformations sont beaucoup plus petites que dans la torsion ou la flexion, il faut donc les mesurer avec une grande précision. D'autre part, il est difficile de réaliser une

---

(1) Ces recherches ont été subventionnées par le Service des Recherches de l'Aéronautique.

(2) Bouasse, *Traité de Résistance des Matériaux*, p. 374. Delagrave, éditeur.

traction pure, et ce n'est qu'au prix de précautions très minutieuses qu'on obtient un allongement sensiblement égal sur toutes les génératrices de l'éprouvette.

Les allongements ont été mesurés au 1/1000e mm près avec l'élasticimètre de Martens. J'ai cherché à préciser l'ordre de grandeur des différentes erreurs qui peuvent entacher ces mesures et à les réduire au minimum : erreur due à la position initiale des couteaux porte-miroir, erreur théorique ou identification des angles de rotation des miroirs avec leur tangente, erreur due à la variation de température, etc.

Les charges ont été mesurées à 30 gr/mm² près. L'essai se faisait sur une machine Amsler et à l'aide de cales, on a pu réaliser une traction très sensiblement pure.

L'éprouvette étant soumise à des efforts croissants et décroissants avec une vitesse de traction constante, on décrit des cycles rectilignes, parallèles, d'effort maximum croissant, dont la surface est nulle tant que l'effort maximum reste inférieur à une certaine limite. Dans ces conditions, il est possible de définir un module d'élasticité et un seul.

Le tableau donne l'analyse des bronzes étudiés et les chiffres obtenus. On voit que le module de Young diminue, quand la teneur en étain augmente, suivant une loi linéaire en première approximation. Ce résultat concorde parfaitement avec ceux de Chevenard et Portevin pour le module de torsion de certaines solutions solides (laiton, cupronickel, etc.) (¹).

Sn = 1,92 ; Cu = 97,97..........	12510 12650 12650	Moyenne : 12600
Sn = 3,81 ; Cu = 96,10..........	12300 12350 12250	Moyenne : 12300
Sn = 6,05 ; Cu = 93,85..........	11940 11940 12040	Moyenne : 11970
Sn = 8,02 ; Cu = 91,92..........	11500 11620 11830	Moyenne : 11650
Sn = 9,90 ; Cu = 90,05..........	11290 11120 11380	Moyenne : 11260

(¹) *Comptes rendus*, 181, 1925, p. 780.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Analyse cristalline des précipités instables.* Note de MM. **Pierre Jolibois** et **Georges Fouretier**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Une méthode d'analyse des précipités par mélange rapide des liquides réagissant a été autrefois décrite par l'un de nous et depuis employée dans de nombreuses circonstances ([1]). Nous avons remarqué que cette méthode permet de rendre visibles d'une manière permanente les précipités qui subissent une transformation rapide en fonction du temps.

Si en effet on mélange deux veines liquides A et B pour en former une troisième C, on peut en chaque point de cette dernière examiner des phénomènes qui ne sont pas troublés par les états postérieurs des corps constituant la veine C. C'est ainsi qu'un sel mercurique mélangé de cette manière à un iodure soluble, donne un précipité d'iodure mercurique tout d'abord jaune au voisinage de la rencontre des veines A et B et qui, progressivement, évolue vers la variété rouge stable à la température ordinaire. On rend visible ainsi le fait fréqnent que les précipités instables ont une vitesse de formation plus grande que ceux qui sont stables.

Nous avons cherché à déterminer d'une manière plus précise les conditions de cette précipitation en photographiant par la méthode Debye et Scherer le spectre de rayons X du solide instable qui se forme par mélange rapide.

Nos expériences ont porté sur la formation de l'iodure jaune de mercure.

Nous avons mélangé dans un tube capillaire de $0^{mm},4$ de diamètre deux solutions, l'une de chlorure mercurique à 27^{g} par litre et l'autre d'iodure de potassium à 33^{g} par litre. Le liquide provenant du mélange et contenant le précipité en suspension sortait du capillaire après un parcours de 4^{cm} et formait une veine liquide très fine tombant verticalement à l'air libre.

Nous nous sommes servis de ce filet liquide environ $1/50^{e}$ de seconde après le mélange pour l'analyser au moyen d'un mince pinceau de rayons X monochromatiques du cuivre. Nous avons de cette manière obtenu un spectre assez net que nous avons pu comparer à celui de l'iodure rouge.

Il nous manquait d'avoir démontré que l'iodure jaune obtenu par précipitation est identique à celui qui résulte de l'action de la chaleur sur

---

([1]) *Comptes rendus*, 169, 1919, p. 1095 et 1161.

l'iodure rouge. Ainsi avons-nous déterminé le spectre d'iodure jaune maintenu vers 140° par un courant d'air chaud pendant la durée de la pose. Les deux spectres se sont montrés identiques ainsi que l'indique le tableau suivant :

Spectre de rayons X (Kα du cuivre) *des iodures mercuriques. Valeurs des angles* θ.

Iodure jaune, à 140°.	Iodure précipitant.	Iodure rouge.
6°30' M	6°30' M	7°15' M
11.45 F	11.45 F	10.50 F
13 TF	13 TF	12.30 F
14.55 M	–	14.55 M
15.35 TF	15.30 F	16.15 M
17.15 *f*	–	20 TF
17.55 *f*	–	22.05 *f*
19.15 F	19.10 M	23.35 M
19.55 *f*	–	24.30 F
20.30 *f*	20.35 *f*	25.50 M
21 M	21 M	30 *f* (large)
21.45 *f*	21.50 M	31.05 M
22.35 *f*	–	33 M
22.50 F	–	35.05 *f*
23.15 *f*	23.10 F (large)	36 *f*
24.50 F	–	37.35 F
25.45 *f*	25.10 F (large)	40.30 M
26.40 M	26.50 *f*	45 *f*
32.05 *f*	32.15 *f*	
33.45 M	33.55 M	
36.15 *f*	36.20 *f*	
37.50 M	37.55 M	
	42 *f*	

Les intensités approximatives des raies obtenues en 3 heures environ sous 30000 volts avec un débit de 50 milliampères sont indiquées par les notations habituelles.

On voit par les nombres de ce tableau que l'iodure jaune précipité instantanément et l'iodure jaune obtenu par chauffage sont identiques entre eux et différents de l'iodure rouge.

Cet exemple montre que le procédé expérimental décrit par nous permet d'établir l'identité des cristaux instables.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Contribution à l'étude des dosages iodométriques de l'argent.* Note de M[lle] **M.-L. Josien**, présentée par M. Le Chatelier.

On sait que l'iodure de potassium donne avec l'azotate d'argent un précipité insoluble d'iodure d'argent

(1) $$IK + NO^3Ag \rightarrow IAg + NO^3K.$$

Cette réaction, seule ou combinée avec celle de l'iode sur le même réactif, est utilisée depuis longtemps pour doser les sels d'argent.

Les procédés de Pisani (¹) et de Prikladowisky (²) sont théoriquement identiques. Dans les deux cas, une solution iodoiodurée (iodure d'amidon ou iode dissous dans l'iodure de potassium) est versée dans la solution argentique jusqu'à coloration persistante de l'empois.

Prikladowisky, après avoir rappelé les équations d'hydrolyse de l'iode :

(2) $$I^2 + H^2O \rightleftharpoons IH + IOH,$$
(3) $$3IOH \rightleftharpoons 2IH + IO^3H,$$
(4) $$IO^3H + 5IH \rightleftharpoons 3I^2 + 3H^2O,$$

ajoute qu'on peut représenter la réaction de dosage par la formule

(5) $$3NO^3Ag + IK + IH + IO^3H \rightarrow 2IAg + IO^3Ag + NO^3K,$$

suivie de la double décomposition

$$IO^3Ag + IK \rightarrow IAg + IO^3K.$$

Fleury et Courtois (³) ont discuté cette hypothèse. L'action de l'iode sur l'azotate d'argent étant représentée, pour ces auteurs, par l'équation

(6) $$3I^2 + 3H^2O + 5NO^3Ag \rightarrow IO^3H + 5IAg + 5NO^3H,$$

tout devrait se passer, écrivent-ils, comme si l'iode de la liqueur iodoiodurée n'intervenait pas pour donner de l'iodure d'argent, car, pour que la coloration bleue apparaisse, il faut de l'iodure et celui-ci est détruit par

(¹) Pisani, *Annales des Mines*, 5e série, **10**, 1856, p. 83.
(²) Prikladowisky, *Bioch. Zeits.*, **200**, 1928, p. 135.
(³) Fleury et Courtois, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, **49**, 1931, p. 860.

l'acide iodique formé dans la réaction (6)

(7) $$5IH + IO^3H \rightarrow 3I^2 + 3H^2O,$$

de telle sorte qu'au moment du virage, l'iode métalloïdique primitif devrait se trouver intégralement libéré. Or, en fait, l'iode avance le moment du virage et, cela, d'autant plus que l'affusion est plus lente.

Voici comment nous concevons le mécanisme de cette action. Pour les premières gouttes de solution iodo-iodurée, on a

(1) $$IK + NO^3Ag \rightarrow IAg + NO^3H,$$

(8) $$I^2 + H^2O + NO^3Ag \rightarrow IAg + IOH + NO^3H,$$

l'iodure de potassium ajouté ensuite réagit avec l'acide hypoiodeux apparu

(9) $$IOH + IK \rightarrow I^2 + KOH.$$

Nous retrouverions ainsi, quoique par un autre intermédiaire, la conclusion précédente sur l'inaction théorique de l'iode; mais, l'acide hypoiodeux, en présence d'un grand excès d'azotate d'argent, se transforme rapidement en iodate

(10) $$3IOH + NO^3Ag \rightarrow IO^3Ag + 2IAg + 3NO^3H,$$

l'iodate ainsi formé précipite et ne rentre plus dans le cycle.

Cette étude théorique explique pourquoi les dosages précédents sont peu fidèles puisque la quantité d'iodate formée dépend de la concentration, de la température, de la durée du dosage ainsi que nous l'avons montré antérieurement.

Fleury et Courtois ont également étudié le cas de l'affusion de la liqueur argentique dans la solution iodoiodurée. Ils concluent de leurs expériences que, dans ce cas, « l'iode n'intervient d'une façon importante que lorsqu'il est en quantité comparable (en molécules) à celle de l'iodure ».

Nos travaux précédents nous ont permis d'observer que, pour des liqueurs suffisamment diluées, le virage se produit quand on a versé un nombre de molécules d'azotate d'argent égal au nombre de molécules d'iodure de potassium, augmenté de la moitié du nombre des atomes d'iode [réactions (1) et (8)]. Le rôle de l'iode peut d'ailleurs se déduire des résultats publiés par Fleury lui-même ainsi que le montre le tableau suivant (1):

(1) *Loc. cit.*, p. 863.

Expérience n° 2.

	cm³
Solution décinormale de IK	5,00
Iode dissous dans la solution	variable
Solution d'amidon sol	2
Acide nitrique (D = 1,33)	0,2

Iode métalloïdique introduit en cm³ d'iode 0,1 N.	Volume en cm³ de la sol. de NO^3Ag (vol. théor. : 5,07).	Quantité prévue par notre théorie.
4,12	8,20	5,07 + 2,06 = 7,13
2,06	6,10	5,07 + 1,03 = 6,10
0,82	5,55	5,07 + 0,41 = 5,48
0,412	5,19	5,07 + 0,206 = 5,276
0,206	5,15	5,07 + 0,103 = 5,173
0,41	5,07	5,07 + 0,20 = 5,09
0,004	5,07	5,07 + 0,002 = 5,072

Dans ces conditions, il apparaît que le meilleur dosage consistera à verser la solution argentique dans une solution d'iodure de potassium additionnée d'une goutte alcoolique d'iode. Cette addition d'iode est nécessaire, mais elle doit être assez faible pour qu'une seule goutte de la solution d'azotate d'argent suffise à la détruire (réaction 8) au moment du virage. On évite ainsi toutes les difficultés pratiques que peut occasionner la réaction (10).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les bromosulfites d'alcoyle et d'aryle.* Note de MM. **P. Carré** et **D. Libermann**, présentée par M. G. Urbain.

Les bromosulfites RO SO Br n'ont pas encore été préparés. Nous nous sommes proposés de rechercher si ces substances pouvaient s'obtenir par des procédés analogues à ceux qui fournissent les chlorosulfites.

Nous avons montré [1] que les meilleures préparations des chlorosulfites sont : pour les chlorosulfites d'alcoyle primaire, la réaction du chlorure de thionyle sur un alcool primaire, et, pour les chlorosulfites d'alcoyle secondaire ou tertiaire, ainsi que pour les chlorosulfites d'aryle, la réaction du chlorure de thionyle sur les sulfites neutres correspondants.

Les bromosulfites ne peuvent s'obtenir par l'actiou du bromure de

[1] *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 799; 196, 1933, p. 1419.

thionyle sur les alcools. Lorsqu'on traite un alcool primaire par le bromure de thionyle, celui-ci agit principalement comme bromurant, suivant la réaction :

$$R - CH^2OH + SOBr^2 = R.CH^2Br + SO^2 + BrH.$$

On doit remarquer que cette réaction n'est pas à recommander pour la préparation des bromures d'alcoyle avec de bons rendements; elle peut se compliquer, même si l'on a soin de bien refroidir, de diverses réactions secondaires. Avec l'alcool *n*-butylique, pour lequel la réaction est moins violente qu'avec les alcools méthylique et éthylique, nous avons obtenu le bromure de butyle avec un rendement inférieur à 50 pour 100 de la théorie. Dans aucun cas nous n'avons obtenu de bromusulfite d'alcoyle ni pu mettre sa formation en évidence.

Par contre, les bromosulfites d'alcoyle, ou d'aryle, s'obtiennent très aisément par l'action du bromure de thionyle sur les sulfites neutres correspondants

$$SO(OR)^2 + SOBr^2 = 2ROSOBr.$$

On dissout une molécule de sulfite neutre d'alcoyle, ou d'aryle, dans deux fois son poids d'éther anhydre, on ajoute un léger excès, soit $1^{mol},1$ de bromure de thionyle également dissous dans deux fois son poids d'éther anhydre, on laisse une nuit en contact à la température ordinaire, on distille l'éther, puis on rectifie dans le vide. On isole ainsi le bromosulfite, qui subit une légère décomposition au cours de la distillation, mais qu'il est cependant possible de séparer, au moins pour les premiers termes.

Nous avons ainsi préparé les *bromosulfites* : d'*éthyle* C^2H^5OSOBr, distillant à 67-70° sous 30^{mm}; de *n-propyle* C^3H^7OSOBr, distillant à 90-93° sous 30^{mm}; d'*isopropyle* $(CH^3)^2CHOSOBr$, distillant à 72-74° sous 30^{mm}; de *n-butyle* C^4H^9OSOBr, distillant à 105-107° sous 30^{mm}; de *chloréthyle*, $CH^2Cl.CH^2OSOBr$, distillant à 118-120° sous 40^{mm} [obtenu au moyen du *sulfite neutre de chloréthyle* $SO(OCH^2.CH^2Cl)^2$, non encore décrit, et distillant à 146-148° sous 45^{mm}]; et de *phényle*, C^6H^5OSOBr, distillant à 131-134° sous 40^{mm}.

Ces bromosulfites sont des liquides, moins stables que les chlorosulfites. Ils s'altèrent assez rapidement, même à la température ordinaire; après avoir été conservés une semaine, ils contiennent une assez forte proportion de sulfite neutre, ce qui indique une dissociation du bromosulfite suivant

$$2ROSOBr \rightleftharpoons SOBr^2 + SO(OR)^2.$$

Cette dissociation des bromosulfites est beaucoup plus prononcée que celle des chlorosulfites, pour la plupart desquels la dissociation ne se produit sensiblement pas à la température ordinaire.

Ils sont décomposés par la chaleur, d'une manière analogue aux chloro-

sulfites, avec dégagement de gaz sulfureux; la présence de la pyridine abaisse également leur température de décomposition. Ils sont aussi très facilement décomposés par l'eau en régénérant l'alcool, ou le phénol, correspondant, avec production de gaz sulfureux, et d'acide bromhydrique. Ils réagissent avec les alcools en présence d'une molécule de pyridine, pour donner des sulfites neutres symétriques ou dissymétriques.

En résumé, les bromosulfites, qui ne peuvent s'obtenir par l'action du bromure de thionyle sur les alcools, ou sur les phénols, se préparent aisément en faisant réagir le bromure de thionyle sur les sulfites neutres. Les propriétés de ces substances sont analogues à celles des chlorosulfites, mais ce sont des composés moins stables.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Préparation du phénacétylcarbinol et de quelques-uns de ses éthers-oxydes.* Note de Mlle **M. Darmon**, présentée par M. A. Béhal.

Au cours de mes recherches sur l'isomérisation des éthers-oxydes du phénylglycide, j'ai été amenée, pour des fins d'identification, à entreprendre la préparation du phénacétylcarbinol et de ses éthers-oxydes. Ces derniers ont été obtenus en recourant à l'action bien connue des organomagnésiens sur les nitriles-alcools (éventuellement sur les amides-alcools) et sur leurs éthers-oxydes. Tandis que cette réaction avait déjà été appliquée à de nombreux nitriles-alcools ou amides-alcools et à leurs éthers-oxydes, y compris ceux dérivés du nitrile glycol, elle ne l'avait pas encore été au nitrile glycolique lui-même, bien que ce dernier soit le plus simple des nitriles-alcools. J'ai pu constater que le chlorure de benzyle magnésium réagit régulièrement sur ce nitrile avec formation de phénacétylcarbinol. J'ai, de la même façon, préparé trois éthers-oxydes de ce cétol, les éthers-oxydes méthylique, éthylique et benzylique, les deux premiers à partir du méthoxy- et de l'éthoxyacétonitrile, et le troisième à partir de la benzyloxyacétamide.

1° *Action du chlorure de benzyle magnésium sur le nitrile glycolique.* — Le nitrile glycolique a été préparé à partir de l'aldéhyde formique et du cyanure de potassium en opérant exactement selon les indications de Polstorff et Meyer [1]. On ajoute la solution éthérée du nitrile ($0^{mol},33$) à la solution éthérée du chlorure de benzyle magnésium (1^{mol}). On chauffe à 40° de 3 à

[1] Polstorff et Meyer, *Ber. d. chem. Ges.*, 45, 1912, p. 1905.

4 heures. On décompose le produit de la réaction à froid par l'acide sulfurique dilué. Après avoir chassé l'éther on sépare le cétol par rectification dans le vide. Il se trouve alors mélangé avec du dibenzyle. On le purifie en formant sa combinaison bisulfitique qu'on lave soigneusement à l'éther pour éliminer le dibenzyle. On régénère le cétol à l'aide d'une solution de carbonate de sodium (rendement 15 pour 100).

Le phénacétylcarbinol distille à 144-145° sous 12-13^{mm}. F. 48°, il donne une semicarbazone fusible à 134° et une oxime fusible à 118° (1). Par action sur ce cétol du chlorure de benzyle magnésium, j'ai obtenu avec un très bon rendement un glycol qui fond à 100-101° et qui a été identifié directement avec le dibenzylglycol dissymétrique $(C^6H^5.CH^2)^2.COH.CH^2OH$ déjà décrit (2).

2° *Action du chlorure de benzyle magnésium sur les éthers-oxydes méthylique et éthylique du nitrile glycolique.* — Ces deux nitriles en solution dans l'éther sont ajoutés peu à peu à la solution de chlorure de benzyle magnésium. On chauffe 1 heure à 40°. Le produit de la réaction est décomposé à froid par l'acide sulfurique dilué. On rectifie dans le vide, on traite par le bisulfite de sodium et, après lavage à l'éther de la combinaison solide, on régénère le produit cétonique.

L'éther-oxyde méthylique du phénacétylcarbinol distille à 139-140° sous 27^{mm}. Sa semicarbazone fond à 127-128°.

L'éther-oxyde éthylique du phénacétylcarbinol distille à 116-118° sous 1^{mm}. Sa semicarbazone fond à 100°.

3° *Action du chlorure de benzyle magnésium sur l'éther-oxyde benzylique de l'amide glycolique.* — Par action de l'éther chloracétique sur le benzylate de sodium, on obtient un mélange de benzyloxyacétate d'éthyle et de benzyloxyacétate de benzyle. Ces deux éthers soumis à l'action de l'ammoniaque donnent l'éther oxyde benzylique de l'amide glycolique qui fond à 91°. L'action du chlorure de benzyle magnésium sur cet amide fournit l'éther-oxyde benzylique du phénacétylcarbinol

$$C^6H^5.CH^2.CO.CH^2O.CH^2.C^6H^5$$

qui distille vers 235° sous 40^{mm} et fournit une semicarbazone fusible vers 105°.

---

(1) Voir P. WEILL et M. DARMON, *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 977.

(2) TIFFENEAU, OREKHOFF et JEANNE LÉVY, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, **49**, 1931, p. 1840.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les dérivés chlorés du paraxylène.* Note de M. **Henri Wahl**, présentée par M. C. Matignon.

J'ai montré (1) que la nitration du chloroparaxylène fournit à côté d'une quantité prépondérante de diméthyl-1.4-chloro-2-nitro-5-benzène cristallisé, une huile isomère dont la réduction a fourni un chloroparaxylidine (F = 40°).

Pour déterminer la constitution de cette nouvelle base ou celle du nitré dont elle dérive, j'ai d'abord songé à employer la méthode analytique par oxydation; quelques essais effectués avec le nitré, en particulier avec l'acide sulfurique et le bioxyde de manganèse m'ont montré que la réaction est très complexe. Le produit se colore et il y a dégagement de chlore. La méthode synthétique paraissant, au contraire, devoir fournir des résultats plus immédiats, c'est à elle que j'ai eu recours.

Comme on sait que le chlore dirige généralement le groupe NO^2 vers les positions ortho et para, il semblait assez naturel de penser que l'isomère en question était la diméthyl-1.4-chloro-2-nitro-3-benzène. J'en ai donc réalisé la synthèse au départ du diméthyl-1.4-nitro-3-amino-2-benzène.

La préparation de cette base peut se faire soit par réduction partielle de l'orthodinitroparaxylène, soit par nitration de l'acétylparaxylidine. Noelting et ses collaborateurs [Thesmar (2), Holzach] ont utilisé cette dernière méthode, sans cependant fournir de précisions; on peut toutefois en trouver la description dans le travail de thèse de Holzach (3); quelques modifications que j'y ai apportées permettent d'arriver plus facilement à un produit d'une plus grande pureté.

On dissout 100^g d'acétylparaxylidine pulvérisée dans 300^g d'acide sulfurique concentré en laissant la température s'élever jusqu'à 50°. On introduit peu à peu un mélange de 60^g NO^3H à 40° Bé et 60^g SO^4H^2 à 66° Bé en agitant et en maintenant la température à 50°. Après l'introduction, on laisse encore 1 heure en contact, puis on ajoute 150^{cm^3} d'eau glacée. Le produit est alors chauffé au bain-marie pour hydrolyser le groupe acétylé, ce qui dure 3 à 4 heures, puis versé dans $1^l,5$ d'eau et finalement entraîné

(1) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1900.
(2) Noelting et Thesmar, *Ber. d. chem. Ges.*, 35, 1902, p. 640.
(3) Holzach, *Ueber die Nitroindazole* (Bâle).

à la vapeur d'eau surchauffée sans neutraliser partiellement comme le conseille Holzach.

Dans ces conditions, il passe uniquement l'ortho-nitro-para-xylidine sous forme d'une huile orangée rouge qui cristallise rapidement en longues aiguilles (F = 35°).

L'entraînement étant terminé, on filtre la solution chaude pour séparer les produits résineux éventuellement formés et par refroidissement le sulfate de para-nitro-para-xylidine cristallise. Il est séparé et fournit la para-nitro-para-xylidine. Rendement de la séparation 35 pour 100 d'ortho-nitro-para-xylidine et 60 pour 100 de para-nitro-para-xylidine.

L'ortho-nitro-para-xylidine est ensuite transformée en dérivé chloré par la réaction classique de Sandmeyer. Pourtant la diazotation de l'ortho-nitro-para-xylidine présente quelques difficultés car la base est à peu près insoluble dans l'acide chlorhydrique, aussi Holleman et Choufœr [1] n'y ont pas réussi. J'y suis cependant parvenu d'une manière presque quantitative en opérant comme suit :

On malaxe intimement dans un mortier 16^g de nitroxylidine avec 30^{cm^3} de HCl, 22° Bé. On ajoute encore 30^{cm^3} de HCl, 22° Bé, puis 200^g de glace finement pulvérisée. La température s'abaisse vers 0°. On introduit alors la quantité théorique de nitrite dissous dans un peu d'eau. En quelques minutes la diazotation s'effectue, la solution devient limpide et il ne reste que très peu de nitroxylidine insoluble. On continue d'agiter pendant un quart d'heure, filtre et verse lentement dans une solution froide de chlorure cuivreux. Au bout de 1 à 2 heures, on entraîne à la vapeur d'eau. Le produit se solidifie par refroidissement. Le rendement est de 12 à 14^g, soit 75 à 80 pour 100 de la théorie.

Le *diméthyl-1.4-nitro-3-chloro-2-benzène* (I) ainsi obtenu, purifié par cristallisation dans l'alcool méthylique, fond à 56° et bout à 135°, sous 15^{mm}. *Analyse :* Trouvé pour 100 : C = 52,6; H = 4,4; Cl = 19,28. N = 7,45. Calculé pour 100 : C = 51,75; H = 4,3; Cl = 19,14; N = 7,56.

La réduction de ce nitré par le fer et l'acide chlorhydrique donne le *dimétyhl-1.4-chloro-2-amino-3-benzène* (II) qui, après cristallisation dans l'éther de pétrole léger, forme des aiguilles blanches. F = 41° et $Éb_{15}$ = 126-127°. *Analyse :* Trouvé pour 100 : C = 61,60; H = 6,5; Cl = 23,18; N = 8,97. Calculé pour 100 : C = 61,73, H = 6,3; Cl = 22,83; N = 9,00.

---

(1) CHOUFOER, *Chem. Zentralblatt*, 1, 1925, p. 2486; HOLLEMAN et CHOUFOER, *Chem. Zentrblatt*, 2, 1924, p. 632.

Sa constitution découle de son mode de formation

CH³, NH², NO², CH³	→	CH³, Cl, NO², CH³	CH³, Cl, NH², CH³	CH³, NO², Cl, CH³
		(I).	(II).	(III).

Or, contrairement à ce que l'on pouvait supposer, cette amine n'est pas identique avec celle que j'ai décrite dans ma Note précédente. Le mélange des deux produits se liquéfie instantanément, et la différence est également confirmée par les points de fusion des dérivés suivants qui ont été préparés et analysés :

Dérivé *acétylé*, F = 179° ; dérivé *benzoylé*, F = 144° ; *picrate*, F = 120°.

Conclusion. — L'aminochloro-paraxylidine dont je voulais établir la constitution, étant différente du diméthyl-1.4-chloro-2-amino-3-benzène, est donc forcément le *diméthyl-1.4-chloro-2-amino-6-benzène*, puisque le troisième isomère possible est déjà connu. Par suite, l'huile qui accompagne le paranitro-chloro-paraxylène renferme l'isomère de la formule (III).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Recherches sur la chimie des rubènes : Sur un hydrocarbure incolore à fluorescence violette dérivant du diphénylditolyl-rubène.* Note de M. **Léon Enderlin**, présentée par M. Delépine.

Dans une précédente Note [1], j'ai donné les premiers résultats d'une étude sur le parallélisme existant chez les différents rubènes connus, et en particulier chez le tétraphényl-1.3, 1'.3' rubène et le bis (*p*-totyl)-1.1' diphényl-3.3' rubène.

Ce parallélisme se poursuit dans d'autres domaines que ceux de l'isomérisation et de l'oxydation qui avaient été étudiés.

C'est ainsi que j'ai pu obtenir dans la série du bis (*p*-totyl) diphényl-rubène l'hydrocarbure incolore à fluorescence violette, de formule $C^{44}H^{30}$, qui correspond à l'hydrocarbure $C^{42}H^{26}$ dans la série du tétraphényl-rubène [2].

Formation. — Le nouvel hydrocarbure se forme régulièrement quand on agite à froid une solution benzénique de monoxyde [1] de bis (*p*-totyl)

(1) Léon Enderlin, *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 1432.

(2) Charles Dufraisse et Léon Enderlin, *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 183.

diphénylrubène $C^{44}H^{32}O$ avec de l'acide sulfurique à 90 pour 100, ou lorsqu'on fait bouillir ce monoxyde dans l'acide acétique cristallisable $C^{44}H^{32}O - H^{2}O \rightarrow C^{44}H^{30}$.

Il s'obtient aussi lorsqu'on déshydrate par l'acide acétique bouillant ou un autre agent de déshydratation, le dihydroxydihydro-bis(*p*-totyl) diphénylrubène $C^{44}H^{34}O^{2} - 2H^{2}O \rightarrow C^{44}H^{30}$.

(Ar = un groupement phényl ou tolyl).

Ces deux modes de préparation, dont le dernier est représenté schématiquement ci-dessus, permettent de fixer la constitution du nouveau produit et en font, d'après un mécanisme déjà décrit ([1]), un dérivé du naphtacène (IV).

Isomérie. — Théoriquement le dérivé formé pourra exister sous plusieurs formes isomères.

En effet, lorsqu'on examine la formule du dérivé dihydroxilé (I) servant de point de départ, on constate que ses groupements OH sont susceptibles d'occuper plusieurs positions par rapport aux groupements $C^{6}H^{5}$ et $C^{6}H^{4}CH^{3}$. Par suite, la cyclisation pourra se faire au moyen d'hydrogène emprunté aussi bien aux phényles qu'aux totyles et les groupements CH^{3} occuperont, après cyclisation, des positions qui varieront avec la position des

([1]) *Loc. cit.*

groupements OH dans la matière primitive. C'est une première cause d'isomérie.

Il y en a une deuxième; celle-ci est de nature stérique et tient à la formule même du dérivé naphtacénique résultant (IV); celui-ci peut porter les deux aryles libres, n'ayant pas pris part à la réaction soit du même côté, soit de part et d'autre du plan formé par le schéma.

En fait, la réaction de formation étudiée ne donne réguliérement naissance qu'à un seul produit, qui est l'hydrocarbure incolore à fluorescence violette. Mais on obtient parfois, dans des conditions encore mal déterminées, et en très faible proportion, un produit jaune que j'ai pu isoler. Si ce corps était un isomère du précédent, ce serait vraisemblablement l'isomère stéréochimique, car on obtient aussi, quoiqu'en plus petite quantité encore, un corps jaune analogue dans la déshydratation du dihydroxydihydrotétraphénylrubène. Or chez ce dernier les quatre radicaux arylés étant identiques, l'isomérie stéréochimique seule est possible.

Propriétés. — L'hydrocarbure blanc à fluorescence violette se forme, dans la réaction décrite, avec un rendement de 95 pour 100; il est très peu soluble dans les solvants organiques usuels. Aussi faut-il avoir recours à la cryoscopie dans le camphre pour déterminer son poids moléculaire. La valeur trouvée pour celui-ci, de même que les résultats de l'analyse élémentaire correspondent à la formule proposée. Comme beaucoup de dérivés du rubène, il cristallise avec du solvant. On l'en débarrasse en le chauffant pendant quelque temps dans le vide à 200°; exempt de solvant il fond au bloc Maquenne à 375°. Sa propriété la plus frappante, celle qui, d'ailleurs, avait attiré l'attention sur cette famille de corps, est la belle fluorescence violette, sensible encore à des dilutions de l'ordre du millionième.

Le produit jaune, par contre, présente une fluorescence verte surtout en solution benzénique; ni sa couleur ni sa fluorescence ne disparaissent sous l'action de l'air et de la lumière. Il retient également du solvant de cristallisation qu'il perd dans une première fusion pour fondre définitivement vers 350°.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les conditions de fixation de* SbO^2H *par quelques monoacides-monoalcools aromatiques*. Note de M. **Duquénois**, présentée par M. Delépine.

Dans une précédente Communication, MM. Volmar et Duquénois [1] ont étudié la fixation de SbO^2H par divers monoacides-monoalcools aliphatiques et montré que, seuls, les acides-alcools α sont susceptibles de donner des émétiques. Nous nous sommes proposé ici de faire une étude analogue avec les monoacides-monoalcools les plus simples de la série aromatique : acides phénylglycolique, β-phényl-α-lactique, β-phényl-β-lactique, benzilique.

Les résultats auxquels nous sommes parvenus sont analogues à ceux obtenus dans la série grasse.

I. Tandis que l'acide β-phényl-β-lactique, acide-alcool β, ne fixe pas d'antimoine, les autres oloïques, qui sont des acides-alcools α, forment des émétiques.

II. Pour chaque monoacide-monoalcool α, la fixation de SbO^2H est nettement maximum pour un mélange équimoléculaire d'acide et de sel neutre.

III. La courbe de fixation en fonction du temps, tracée pour ce mélange équimoléculaire, est une courbe d'éthérification dont la limite est atteinte beaucoup plus vite avec l'alcool benzilique, à (OH) tertiaire, qu'avec les deux autres acides, dont l'oxhydryle est secondaire.

IV. L'influence de la nature de la fonction alcool est encore plus manifeste que dans la série grasse ; les acides-alcools tertiaires présentent vis-à-vis de SbO^2H une affinité beaucoup plus grande que les secondaires. C'est ainsi qu'alors que, dans les mêmes conditions, l'acide phénylglycolique fixe 2,5 fois plus de SbO^2H que l'acide lactique et l'acide β-phényl-α-lactique 4 fois plus, l'acide benzilique, tertiaire, en fixe 7 fois plus.

Les émétiques obtenus cristallisent moins bien que dans la série grasse. Leur analyse conduit néanmoins à des formules analogues. Nous avons pu isoler à l'état de pureté :

1° *L'émétique mandélique potassique*

$$COOK - CH(C^6H^5) - O - Sb(OH) - O - CH(C^6H^5) - COOH, H^2O,$$

---

(1) Volmar et Duquénois, *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 599.

blanc, amorphe, se décomposant avant de fondre, soluble dans l'eau avec légère hydrolyse, soluble dans les alcools et l'acétone, insoluble dans l'éther, l'éther de pétrole et les carbures.

L'émétique sodique correspondant a été préparé par MM. Volmar et Betz (1) qui ont montré les premiers l'influence de l'introduction d'un radical aromatique sur la stabilité des émétiques.

2° L'*émétique β-phényl-α-lactique sodique*

$$COONa - CH(CH^2.C^6H^5) - O - Sb(OH) - O - CH(CH^2.C^6H^5) - COOH,$$

en aiguilles prismatiques blanches, brillantes, fusibles à 257°. Il a l'avantage sur les émétiques mandéliques de n'avoir aucune tendance à brunir par oxydation, ni à s'hydrolyser en solution et à pouvoir être obtenu avec un meilleur rendement.

3° L'*émétique β-phényl-α-lactique potassique*,

$$CO.OK.(CH^2.C^6H^5)CH - O - Sb(OH) - O.CH(CH^2.C^6H^5).CO.OH,$$

fusible à 231°, analogue à l'émétique sodique correspondant.

4° L'*émétique benzilique sodique*

$$COONa - (C^6H^5)^2C - O - Sb(OH) - O - C(C^6H^5)^2.CO.OH.H^2O,$$

poudre microcristalline, soluble dans l'eau chaude avec légère hydrolyse, soluble dans l'alcool, insoluble dans l'éther. Il devient anhydre à 100°, puis se décompose en subissant la fusion pâteuse vers 235°.

5° L'*émétique benzilique potassique*, de propriétés analogues, mais à deux molécules d'eau.

6° L'*émétique benzilique ammoniacal*

$$CO.ONH^4 - C(C^6H^6)^2 - O - Sb(OH) - O - C(C^6H^5)^2 - COOH,$$

plus sensible à l'action de la chaleur : à 135°, il perd H^2O en donnant l'anhydride correspondant; maintenu à 140°, il commence à se décomposer en brunissant et perdant NH^3.

Parmi les acides-alcools α étudiés, l'*acide β-phényl-α-lactique forme les émétiques les mieux cristallisés et les moins hydrolysables*. Leur stabilité est comparable à celle des émétiques tartriques : en faisant agir un courant de gaz H^2S sur leur solution, il se forme une coloration orangée, sans précipitation de sulfure d'antimoine.

---

(1) Volmar et Betz, *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 414.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Oxydation de l'acide urique en présence de glycocolle.* Note de M. **Frèrejacque**, présentée par M. R. Fosse.

I. Dans une Note antérieure ([1]) j'ai montré que les solutions alcalines d'acide urique saturées d'aniline, agitées dans une atmosphère d'oxygène en présence de bioxyde de manganèse, absorbaient un atome d'oxygène par molécule d'acide urique. Traitées par l'acide acétique en excès, les solutions ainsi oxydées laissent déposer immédiatement de l'isoallantoylaniline (I)

```
     NH—CH—NH
    /   |    \
  CO    |     CO.
    \   |    /
     NH—C——NH
        |
        NH—C⁶H⁵
```

(I).

Il nous a paru intéressant de rechercher si, en remplaçant l'aniline par un acide aminé, on pourrait obtenir un dérivé analogue de l'isoallantoïne; nous nous sommes rapidement convaincu qu'effectivement ce dérivé se forme lors de l'oxydation de l'acide urique en présence d'un aminoacide; mais l'isolement des isoallantoylaminoacides paraît difficile dans beaucoup de cas. Toutefois nous avons pu préparer assez facilement des dérivés de l'isoallantoylglycocolle.

La technique employée est celle déjà décrite (*loc. cit.*); on prépare une solution A contenant : acide urique $4^{g},2$; glycocolle 3^{g}; potasse normale 100^{cm^3}; on y ajoute 10^{cm^3} d'une solution aqueuse contenant $0^{g},2$ de permanganate de potassium; la solution agitée dans l'oxygène est oxydée en 20 minutes; il y a eu absorption de 300^{cm^3} d'oxygène; une agitation ultérieure n'aménerait qu'une absorption nouvelle insignifiante et très lente. Après filtration du catalyseur, on ajoute à la solution oxydée 75^{cm^3} d'acide acétique normal, puis 500^{cm^3} d'alcool. Après 12 heures on recueille les cristaux déposés qu'on purifie en les dissolvant dans l'eau et précipitant par l'alcool la solution obtenue.

Les cristaux ainsi déposés sont de l'isoallantoylaminoacétate de potassium (II), et se présentent en feuillets brillants cristallisés avec une molé-

([1]) *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 860.

cule d'eau ($K = 14,4$, $H^2O = 6,4$, $N = 25,8$).

$$CO\Big\langle\begin{matrix}NH - CH - NH \\ NH - \underset{\displaystyle NH.CH^2.CO^2K}{C} - NH\end{matrix}\Big\rangle CO$$

(II).

II. Ce sel peut d'ailleurs aussi être obtenu facilement en oxydant à 0° la solution A par la quantité calculée de permanganate, le glycocolle étant relativement peu oxydable par ce réactif ([1]); mais le rendement est alors médiocre; on ne peut en effet éliminer immédiatement le bioxyde de manganèse formé au cours de l'oxydation, et les solutions alcalines d'isoallantoylglycinate de potassium s'altèrent rapidement.

Remarquons enfin qu'on n'obtient pas de combinaison d'isoallantoïne et de glycocolle, si l'on introduit le glycocolle dans une solution alcaline d'acide urique préalablement oxydée par l'oxygène ou par le permanganate.

III. Lorsqu'on ajoute de l'acide acétique dilué à une solution d'isoallantoylaminaocétate de potassium, il se dépose assez rapidement des aiguilles peu solubles dans l'eau et l'alcool, le corps ainsi obtenu est un composé double correspondant à l'union d'une molécule d'isoallantoylglycocolle et d'une molécule de son sel de potassium :

$$C^{12}H^{17}O^8N^{10}K + H^2O \quad (C = 29,6;\ H = 3,8;\ N = 28,7;\ K = 8,1).$$

Ce sel double se dissout dans les acides minéraux dilués; il y a hydrolyse *totale* en allantoïne et en glycocolle, sans qu'on puisse mettre en évidence la formation de l'isoallantoylglycocolle lui-même :

$$C^{12}H^{17}O^8N^{10}K + HCl + 2H^2O = 2.C^4H^6O^3N^4 + 2NH^2.CH^2.CO^2H + KCl.$$

Cette hydrolyse se produit d'ailleurs déjà lorsqu'on abandonne à froid la combinaison double au contact d'un excès d'acide acétique dilué, ou lorsqu'on traite cette combinaison par l'eau chaude.

IV. La facilité qu'ont les sels de l'isoallantoylglycocolle de former des composés doubles se manifeste encore lorsqu'on ajoute une solution concentrée de sulfate de cuivre à une solution aqueuse d'isoallantoylglycinate de potassium : il se précipite alors lentement de gros prismes bleus,

---

([1]) Par suite sans doute de la grande oxydabilité de l'aniline, nous n'avons pu préparer par ce moyee l'isoallantoylaniline.

très peu solubles, correspondant à la formule

$$(C^6H^8O^4N^5)^2Cu + 2SO^4Cu + 11H^2O$$
$$(C = 14,2;\ H = 3,8;\ N = 13,7;\ Cu = 14,2;\ H^2O = 20,4).$$

De même avec le chlorure cuivrique, on obtient de façon analogue des cristaux bleus correspondant à la formule

$$(C^6H^8O^4N^5)^2Cu + CuCl^2 + 3H^2O$$
$$(C = 21,2;\ H = 3,3;\ N = 20,5;\ Cu = 18,9;\ H^2O = 7,1).$$

Ces deux dérivés peu solubles et bien cristallisés peuvent être considérés comme caractéristiques de l'isoallantoylglycocolle.

Les solutions d'isoallantoylglycinate de potassium sont de même précipitées par le chlorure mercurique et le nitrate d'argent; avec ce dernier réactif on obtient un précipité amorphe correspondant à la formule

$$C^6H^8O^4N^5Ag + NO^3Ag \qquad (N = 16,9;\ Ag = 44,0).$$

V. L'étude de tous ces dérivés établit donc bien que, lors de l'oxydation de l'acide urique en présence de glycocolle, la molécule de glycocolle peut s'unir à un terme intermédiaire de l'oxydatiou de l'acide urique; nous avons d'ailleurs fait quelques expériences en remplaçant le glycocolle par l'alanine et nous avons obtenu ainsi le sel de potassium de l'isoallantoylalanine. Ce sel cristallise avec 3^{mol} d'eau ($K = 11,9$; $H^2O = 16,1$).

Tous ces faits suggèrent la possibilité d'une intervention des acides aminés lors du métabolisme de l'acide urique.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur l'origine de l'ozone atmosphérique. Recherches faites au Scoresby Sund durant l'Année Polaire.* Note de M. **A. Dauvillier**, présentée par M. Ch. Fabry.

L'origine de l'ozone atmosphérique est encore incertaine. Dans le but de vérifier la théorie attribuant sa formation à l'aurore, polaire et non polaire, et sa destruction au rayonnement solaire [1], j'ai effectué des dosages quotidiens de l'ozone au sol, au Scoresby Sund, par une méthode chimique.

---

[1] *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 348; *Rev. gén. Électr.*, **31**, 5 mars, 2 et 9 avril 1932.

L'air extérieur, réchauffé électriquement, était aspiré d'une manière continue, à travers une colonne en pyrex de 1^m de longueur et de 5^{cm} de diamètre, remplie de fragments de tubes en pyrex et parcourue par une solution titrée d'arsénite alcalin. Il traversait ensuite un compteur, puis l'aspirateur électrique. Le débit horaire était voisin de 1^{m^3}.

La solution était renouvelée toutes les 24 heures, l'arsénite non oxydé étant dosé au moyen d'une liqueur d'iode.

L'eau utilisée provenait de la fusion de la glace de lacs de montagne. Elle était distillée dans un appareil en pyrex. Des difficultés furent éprouvées du fait de l'altération des solutions diluées d'arsénite (N/1000) même dans des récipients en pyrex. Toutefois, de fréquents contrôles ont permis de fixer l'approximation obtenue à 2 pour 100.

Les dosages, commencés vers la mi-novembre 1932, ont été poursuivis, presque sans interruption, jusqu'à la mi-août 1933. Durant cette période, 251 dosages ont été effectués.

La courbe annuelle montre que la concentration de l'ozone dans l'air, qui était en moyenne de 5^{mg} par 100^{m^3} d'air en novembre, commence à croître rapidement dès le début de décembre. Le maximum observé fin décembre a atteint 57^{mg} par 100^{m^3}. L'ozone au sol était en rapport étroit avec le régime des vents. Les tourmentes hivernales, soufflant toujours du nord-est, amènent des masses d'air primitivement situées au nord-est de la zone aurorale, pauvres en ozone, qui balayent le gaz local tombé par gravité. La courbe présente des chutes discontinues coïncidant avec le début de chaque coup de vent. Dès que celui-ci cesse, la concentration augmente à raison de 10 à 15^{mg} par 24 heures.

Le vent n'ayant guère cessé en janvier, la teneur moyenne en ozone demeure voisine de 6^{mg} par 100^{m^3}. Le mois de février fut calme : elle remonte à 30^{mg} vers le milieu du mois et retombe à 4^{mg} vers la fin. Si l'on trace la courbe enveloppe de ces variations, on trouve une courbe en cloche, symétrique, englobant les trois mois de décembre, janvier et février. La nuit polaire ayant duré deux mois, du 20 novembre au 20 janvier, les courbes de concentration en ozone et d'insolation de la basse atmosphère sont donc décalées de près d'un mois.

L'activité aurorale ayant été sensiblement constante durant cette période, on peut en conclure que l'ozone en est le résultat, que ce gaz met un mois pour atteindre le sol en air calme et qu'il est détruit par le rayonnement solaire.

Du début de mars à la mi-août, la concentration moyenne, peu variable,

est de 6^{mg}. Un maximum secondaire, apparent vers la fin de mars (17^{mg}) serait attribuable à la très forte activité aurorale de fin février [1]. En mai et en juin l'ozone est très constant (3^{mg}). Juillet présente un maximum secondaire (10^{mg}).

La concentration en ozone est indépendante du régime barométrique.

La théorie de M. Levine [2] attribuant les dépressions à la formation de l'ozone, n'a pas été vérifiée, la pression étant indépendante de l'activité aurorale.

L'existence d'une grande quantité d'ozone dans l'atmosphère a été vérifiée par la prise de spectres ultraviolets du ciel pendant le crépuscule de la nuit polaire, en pointant le spectrographe à 30° au-dessus de l'horizon. Les bandes de Huggins sont très intenses. La faible teneur au printemps a été contrôlée par la prise du spectre ultraviolet du mercure à la distance de 600^{m} (lampe en silice).

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur l'étude des mouvements internes des masses nuageuses par la cinématographie accélérée.* Note de M. **P. Idrac**, présentée par M. Ch. Maurain.

Les recherches que nous a confiées le Ministère de l'Air à titre de collaborateur extérieur nous ont amené, pour étudier les mouvements internes verticaux des masses nuageuses, à en prendre des vues cinématographiques accélérées. En effet, celles-ci étant en modification constante de formes, l'œil a peine à garder dans le souvenir les aspects qu'elles présentaient quelque temps auparavant. Or, si l'on fait défiler sur l'écran pendant 1 seconde, par exemple, ce qui se passe en 1 minute, autrement dit si l'on accélère le mouvement, il paraît probable qu'il en sera tout autrement et que l'œil saisira beaucoup mieux les mouvements de montée et de descente, en un mot tous les déplacements des diverses parties du nuage. C'est d'ailleurs ce que l'expérience vérifie : il se passe là un phénomène analogue à celui que présente la cinématographie accélérée de la germination d'une graine ou de la croissance d'une plante; on saisit ainsi des mouvements très curieux qui échappent à l'observation courante.

A la suite des vues que nous avons prises dans des conditions variées,

---

(1) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 997.

(2) *Comptes rendus*, **176**, 1923, p. 705.

nous avons ainsi pu constater qu'en général, quand un cumulus se forme entre deux couches d'air superposées dont la supérieure est de vitesse plus grande, on le voit positivement rouler sur lui-même, la partie avant (sens de la marche du vent) étant l'objet d'un courant descendant, et la partie arrière d'un courant ascendant.

Il est à remarquer également que les jours de formation de cumulus thermiques (bien connus de ceux qui pratiquent le vol à voile), les proéminences bourgeonnantes qui sont, au moment de leur formation, l'objet d'un puissant courant vertical, se dissolvent parfois après cette formation en s'effilochant et retombant rapidement, donnent l'impression d'un éclatement.

M. Devaux avait indépendamment et même antérieurement à nous déjà, en 1928, fait au pic du Midi des cinématographies accélérées de nuages, sans que nous ayons connaissance de nos travaux réciproques. Ces films, qui avaient été pris dans un but qui ne visait pas directement l'étude des mouvements internes, et dont quelques-uns sont remarquables, donnent quantité de renseignements intéressant le but que nous nous proposons. M. Devaux avait déjà remarqué que dans les mers de nuages de strato-cumulus, les trous entre les rouleaux étaient l'objet de courants descendants.

Nous comptons poursuivre et étendre cette étude encore à ses débuts aux diverses espèces de nuages, en les filmant par en dessous et par en dessus. Ces recherches paraissent en effet susceptibles de donner d'utiles renseignements non seulement sur leur processus de formation mais surtout sur la localisation des mouvements turbulents dont ils sont le siège et qui sont susceptibles de si grands dangers pour la navigation aérienne.

OPTIQUE ATMOSPHÉRIQUE. — *Sur l'absorption des radiations ultraviolettes dans la basse atmosphère.* Note [1] de M. **L. Herman**, présentée par M. Ch. Fabry.

I. Les mesures de MM. Buisson, Jausseran et Rouard [2], interprétées par MM. Fabry et Buisson [3], ont mis en évidence dans la basse atmosphère une absorption continue croissant rapidement au-dessous de 2800 Å, et qui n'est pas due à l'ozone. Cette absorption a été attribuée à l'oxygène.

---

[1] Séance du 13 novembre 1933.
[2] *Comptes rendus*, 190, 1930, p. 808
[3] *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 457.

D'autre part Herzberg a trouvé dans l'oxygène pur, sous une pression d'une atmosphère, un système de 8 bandes d'absorption entre 2600 et 2400 Å (1). Il était interessant de chercher à retrouver cette absorption sélective dans la basse atmosphère.

L'expérience a été montée à l'Observatoire de Lyon. La source lumineuse est un tube à hydrogène, fournissant un spectre continu. Le spectrographe à optique de quartz, disposé en prisme objectif, est à 180m de la source. Pour éviter d'avoir un spectre filiforme, on rend l'objectif astigmate en l'inclinant sur l'axe du faisceau; chaque raie donne ainsi sur la plaque une droite focale. Le spectre de comparaison est fourni par une lampe à vapeur de mercure Westinghouse, en verre corex, transparent dans l'ultraviolet. Les clichés, obtenus sur plaques Fulgur, sont développés à l'hydroquinone et à la soude.

II. Un système de 10 bandes, dégradées vers le rouge, a été trouvé entre 2800 et 2400 Å, où il se superpose à l'absorption continue. Avec la faible dispersion utilisée, ces bandes présentent l'aspect de cannelures blanches, sans arête nette. Les mesures de longueurs d'onde sont donc peu précises. Voici, à titre d'indication, les longueurs d'ondes trouvées pour 8 d'entre elles :

1..........	2430 Å	5..........	2520 Å
2..........	2444	6..........	2555
3..........	2464	7..........	2595
4..........	2490	8..........	2640 environ

On voit encore vers les grandes longueurs d'onde deux bandes plus faibles, qui n'ont pu être mesurées.

III. Chacune des bandes précédentes est accompagnée de deux autres bien plus faibles. Il existe ainsi des bandes triples, comme je l'ai trouvé déjà dans l'oxygène sous une pression de quelques atmosphères (2). Ces triples bandes sont importantes pour l'interprétation de l'absorption sélective de l'oxygène entre 2400 et 2850 Å. En effet, Finkelnbourg et Steiner (3) dans leur étude de l'absorption de l'oxygène fortement comprimé trouvent un système de triplets sans structure fine et l'interprètent comme correspondant au passage interdit ${}^3\Sigma_g \rightarrow {}^3\Delta_u$. Cependant Herzberg dans l'étude de

(1) *Naturwissenschaften*, 20, 1932, p. 577

(2) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1877.

(3) *Zeitschrift für Physik*, 79, 1932, p. 62.

l'oxygène à la pression atmosphérique ne trouve que des bandes simples qu'il attribue au passage également interdit $^3\Sigma_g^- \rightarrow {}^3\Delta_u^+$. On était donc amené à penser que la pression avait pour effet de modifier entièrement le spectre, ce qui était peu compréhensible. Toutefois une analogie persistait entre ces deux spectres puisque le milieu de chaque triplet de l'oxygène fortement comprimé correspondait à une bande de Herzberg.

L'existence des bandes triples dans le spectre d'absorption de l'oxygène atmosphérique fournit donc un nouveau rapprochement entre ces deux spectres et permettra, peut-être, de leur donner une interprétation commune.

AGRICULTURE. — *Bactériophage et fatigue des sols cultivés en luzerne.* Note de MM. **A. Demolon** et **A. Dunez**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Divers auteurs ont signalé la présence d'un bactériophage dans les nodosités des légumineuses suivantes : trèfle, lupin, serradelle, soja, pois et haricots. Nos observations personnelles ont porté sur des luzernes provenant de Provence, de Bretagne et de Seine-et-Oise.

Présence du bactériophage dans la plante. — Dans toutes les luzernes âgées de plus d'un an, nous avons trouvé du bactériophage dans les nodosités, les racines et les tiges, mais jamais dans les feuilles; nous n'en avons pas décelé dans les jeunes nodosités, contrairement à ce qui a été observé par G. Laird (1) sur le trèfle. C'est dans les nodosités âgées, examinées avant le stade de résorption, que l'activité du bactériophage est maxima, la lyse pouvant s'observer dans ce cas dès le premier passage, alors que dans les autres organes elle exige pour se produire trois, quatre ou cinq passages précédés de filtration sur bougie. Comme quelques auteurs, nous avons noté fréquemment la coexistence avec le précédent d'un phénomène de bactériolyse non susceptible d'être reproduit en série.

Selon leur origine, les divers *B. radicicola* se sont montrés très inégalement sensibles à un bactériophage déterminé et inversement, certains bactériophages se sont montrés beaucoup moins actifs que d'autres. D'autre part, on voit assez fréquemment apparaître au bout de quelques jours, dans les cultures lysées, des développements secondaires. Généralement

(1) *Archiv. f. Mikrobiol.*, 3, 1932, p. 139.

les races ainsi obtenues se montrent résistantes au bactériophage considéré.

Le bactériophage dans le sol. — Nous avons recherché si l'on retrouve le bactériophage dans les sols cultivés en luzerne.

Technique. — On place 100g de terre, préalablement tamisée pour séparer les radicelles de luzerne, dans 500cm³ de milieu nutritif (PO^4HK^2 1g, SO^4Mg 0g,2, $CaCl^2$ 0g,1, NaCl 0g,1, $FeCl^3$ 0g,02, glucose 3g, CO^3Ca 1g, extrait de racines de luzerne 1000cm³), on porte l'étuve à 25° pendant 24 à 48 heures, on filtre sur papier, puis sur bougie L 3. On obtient ainsi un liquide clair qui, ensemencé dans quelque milieu que ce soit, ne donne pas de culture visible; 2cm³ de ce filtrat sont ajoutés à une jeune culture liquide de *B. radici* âgée de 24 heures au maximum; le lendemain, on effectue une nouvelle filtration et ainsi de suite; une lyse partielle peut s'observer dès le deuxième passage et une lyse totale vers le troisième ou quatrième.

Dans les sols de culture ordinaires et dans les jeunes luzernières, les résultats ont toujours été négatifs; dans les vieilles luzernières, ils se sont, au contraire, toujours montrés positifs, parfois même en opérant sur un poids de terre quatre fois moindre que celui indiqué plus haut. On peut donc affirmer que le bactériophage formé dans la plante passe dans le sol, soit qu'il y exsude directement, soit qu'il soit mis en liberté par la décomposition des racines.

On pouvait se demander dans quelle mesure le sol peut, grâce à son pouvoir absorbant, fixer le bactériophage : pour le savoir, nous avons fait agir sur un extrait bactériophagique d'activité connue, des poids croissants de terre à briques; nous n'avons pas constaté de diminution appréciable dans l'activité de l'extrait étudié.

Passage du bactériophage du sol dans la plante. — Le bactériophage présent dans le sol est-il susceptible de passer dans la plante? A cet égard, nous avons répété à plusieurs reprises l'expérience suivante : des pieds entiers de luzerne agés de 6 semaines à deux mois et portant de nombreuses nodosités ont été placés dans de l'eau distillée additionnée soit d'un extrait bactériophagique, soit de la solution nutritive correspondante; ces liquides ont été renouvelés chaque jour; une fraction en a été absorbée par la plante. Les frottis des nodosités nous ont montré qu'après 3 jours, leurs bactéroïdes subissaient une dégénérescence granuleuse qui ne s'observait pas dans les témoins.

D'autre part, dans les expériences en milieu sableux stérilisé, on constate : 1° que les cultures lysées sont incapables de provoquer la formation des nodosités; 2° que si l'on apporte un extrait bactériophagique postérieurement à l'ensemencement direct du milieu avec le *B. radici*, on réduit considéra-

blement la production des nodosités; celles-ci subissent, en outre, d'une façon précoce, un arrêt de leur développement avec lyse de leurs bactéroïdes.

Fatigue du sol. — Le phénomène de la fatigue du sol constaté dans la culture de la luzerne peut être interprété à l'aide des observations précédentes. A partir du moment où le bactériophage a diffusé dans toute la masse exploitée par les racines, on observe le déclin de l'activité fixatrice de la plante à l'égard de l'azote atmosphérique. Cet état de choses ne se produit pas avant la fin de la seconde année, époque où le système radiculaire atteint son maximum d'expansion. C'est précisément la durée souvent assignée aux luzernières en agriculture intensive. On s'explique enfin que le sol demeure impropre à un nouveau développement de la légumineuse jusqu'à la disparition du bactériophage qui s'y est accumulé.

ZOOLOGIE. — *Recherches sur le champ visuel des Vertébrés. Détermination du champ de vision de* Scorpæna scrofa *L.* Note de Mlle **M.-L. Verrier**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

L'étude comparée de l'étendue des champs de vision a depuis longtemps retenu l'attention des physiologistes. Mais, ceux-ci, se sont généralement limités aux Vertébrés supérieurs, Mammifères et Oiseaux, à l'exclusion des autres groupes et tout spécialement des Poissons. Dans un travail antérieur (1), j'ai fait connaître l'étendue des champs de vision monoculaire et binoculaire d'une vingtaine de Téléostéens et, peu après, l'étendue de ces mêmes champs visuels chez les principaux Sélaciens de nos côtes (2). Dans tous ces cas, en raison de difficultés de technique que j'ai exposées avec mes résultats, les mesures précises n'ont été faites que dans le plan horizontal. Ces difficultés de technique tenaient d'une part à la mobilité restreinte du cercle périmétrique gradué servant aux mesures et, par suite, à la grande difficulté de faire systématiquement ces mesures en de nombreux plans; d'autre part, à l'opacité des parois oculaires rendant souvent impossible la formation des images transsclérales.

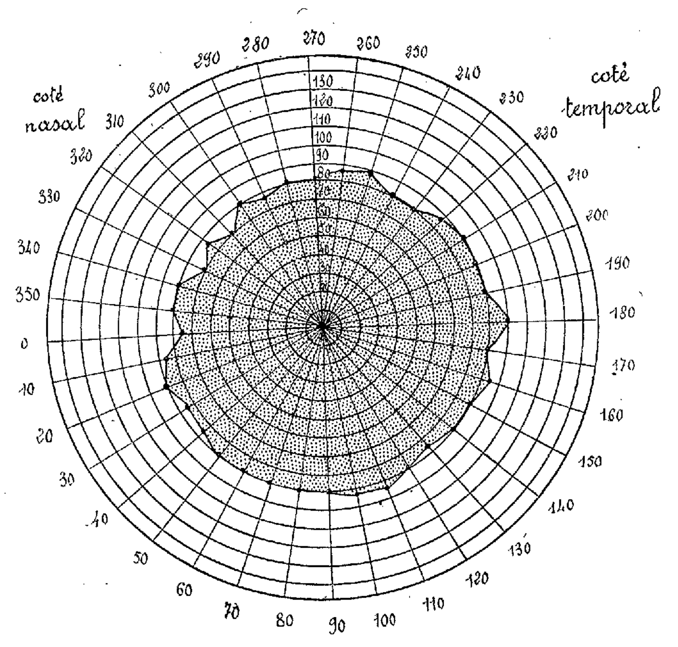
La construction d'un appareil plus perfectionné m'a permis des mesures précises, grâce auxquelles il est possible d'établir, pour les Poissons, un relevé du champ visuel comparable à ceux construits en ophtalmologie

(1) *Bulletin biologique de la France et de la Belgique*, supplément XI, 1928, p. 1-222. J'ai donné dans ce travail une bibliographie étendue de la question du champ visuel des Vertébrés.

(2) *Ann. Sc. Nat.* (*Zoologie*), 13, 1930, p. 1-54.

humaine. L'appareil se compose de deux cercles gradués, l'un mobile, l'autre fixe, le second tangent en son centre sur le premier et perpendiculaire à l'axe autour duquel tourne le cercle mobile. La graduation du cercle fixe renseigne sur l'inclinaison du plan limité par le cercle mobile, au cours des mesures.

Comme pour mes observations antérieures, j'ai étudié les images transsclérales (images d'un point lumineux sur le fond de l'œil et vue à travers les parois oculaires). J'ai déjà indiqué la technique à employer pour obtenir ces images.



Champ visuel de l'œil gauche de la Rascasse. Le champ visuel de l'œil droit est sensiblement symétrique.

Cinquante espèces environ de Téléostéens et de Sélaciens ont été examinées. Seule, la Rascasse (*Scorpæna scrofa* L.) a permis des mesures aussi nombreuses que précises. Dans tous les cas, celui de la Rascasse excepté, l'abondance du pigment et, souvent aussi, l'épaisseur de la sclérotique ne permettent pas la formation d'images transsclérales. Il faut, par une dissection délicate, amincir les parois oculaires. La Rascasse possède un épithélium pigmentaire rétinien, une choroïde et une sclérotique suffisamment minces pour permettre l'examen des images transsclérales.

Le relevé méthodique de ces images chez la Rascasse m'a permis de construire la figure ci-dessus où l'on trouve l'étendue des champs visuels

pour chaque méridien du globe oculaire. Les points marqués sur chaque diamètre correspondent aux points extrêmes de l'image transsclérale, dans le plan considéré.

Ce relevé n'a pas seulement l'intérêt de faire connaître l'étendue du champ visuel d'une espèce bien déterminée. Il a une portée plus générale : l'étendue du champ de vision d'un œil dépend principalement de la forme de cet œil et de ses rapports avec l'orbite. Or, l'œil de la Rascasse est, à cet égard, sensiblement comparable à celui de la majorité des Téléostéens; ainsi, le schéma donné pour cette espèce peut être considéré comme le type de la représentation graphique de l'étendue du champ visuel des Téléostéens en général. Cette conclusion, basée sur des données anatomiques, peut être vérifiée expérimentalement : j'ai indiqué précédemment que la mesure du champ visuel dans un petit nombre de plans est très souvent possible. Si l'on fait cette mesure dans des plans bien déterminés et si l'on compare les chiffres obtenus à ceux que fournit la Rascasse, dans les mêmes cas, on ne trouve que des différences très petites, sinon pratiquement insensibles.

La comparaison de ce schéma et de ceux qu'on obtient dans d'autres groupes de Vertébrés est aussi des plus intéressantes. Il convient à ce sujet de rappeler les recherches de Rochon-Duvigneaud chez les Oiseaux (1), celles de Thieulin sur le Chien et le Chat (2), de Dubar sur les Mammifères domestiques (3), de Rochon-Duvigneaud, Bourdelle et Dubar (4) sur le Cheval. Les chiffres donnés par ces auteurs ne diffèrent pas sensiblement de ceux obtenus avec la Rascasse, de même les chiffres admis en ophtalmologie humaine. Il existe cependant des différences considérables entre un œil de Poisson, un œil d'Oiseau et un œil humain, tant au point de vue de la rétine que de l'appareil dioptrique. Kalt (5) a déjà fait remarquer que : « aussi bien chez le Lapin que chez l'Homme, la portion de champ visuel embrassée par des yeux en apparence si différents est sensiblement la même ». Ainsi, des yeux que l'on ne saurait comparer au point de vue de l'acuité peuvent explorer des régions de l'espace sensiblement égales.

---

(1) Rochon-Duvigneaud, *Annales d'Occulistique*, août 1922, p. 1-18.

(2) Thieulin, *Thèse de Doctorat vétérinaire*, Paris, 1927.

(3) Dubar, *Thèse de Doctorat en médecine*, Paris, 1924.

(4) Rochon-Duvigneaud, Bourdelle et Dubar, *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 542.

(5) Kalt, *Encyclopédie française d'Ophtalmologie*, **2**, 1905, p. 902.

ZOOLOGIE. — *Remarques suggérées par la découverte d'un crâne de Chat dans les dépôts subfossiles de Madagascar.* Note de M. **G. Petit**, présentée par M. L. Joubin.

On sait que l'Académie malgache effectue chaque année, sous la direction de son secrétaire général, M. Lamberton, des fouilles dans les gisements subfossiles de Madagascar. Ces fouilles sont très intéressantes par leurs fructueux résultats, mais il est nécessaire d'indiquer ici, dès l'abord, qu'elles ne nous fournissent aucune donnée stratigraphique nous permettant de tenter d'assigner un âge précis à ces dépôts.

Parmi les Carnivores recueillis en 1932 dans le sud de la grande Ile, à Beloha, et dont M. Lamberton a bien voulu me communiquer quelques spécimens, se trouve un crâne et la moitié droite d'une mandibule de Chat. C'est la première fois que des restes de ce Félin sont signalés parmi les gisements à Æpyornis, Lémuriens, Tortues géantes, etc. Et si la présence d'un Chat contemporain de cette faune disparue peut être considérée, jusqu'ici, comme un fait exceptionnel, elle nous paraît éclairer de préliminaires originaux, l'histoire, encore inconnue, du Chat sauvage malgache et de son origine.

Le Chat sauvage de Madagascar a été signalé en 1867, par A. Grandidier sous le nom de *Felis cafra* var. *madagascariensis* et, en 1905, par J. Kunstler et J. Chaine, sous le nom de *F. maniculata* (= *F. lybica* = *F. ocreata*). D'autre part, on a parfois fixé aux environs de 1845, la date de l'introduction du Chat sauvage africain à Madagascar, bien que l'animal ait été mentionné par Cauche et Flacourt.

La découverte d'un crâne de Chat dans les dépôts subfossiles de Madagascar n'infirme en rien l'hypothèse de l'introduction par l'Homme du Chat sauvage dans la grande Ile; mais elle en recule considérablement la date. De plus si l'on examine avec soin le crâne en question, on voit qu'il s'apparente étroitement au *Felis ocreata cafra* Desm. Cependant, par ses proportions générales, la réduction de la face, la denture, il paraît appartenir à un animal domestique, retourné à l'état sauvage.

Quoi qu'il en soit, du reste, je pense qu'un homme venu d'Afrique, qui fut, à Madagascar, contemporain de la faune dite subfossile, aujourd'hui éteinte, y a introduit à l'état domestique ou semi-domestique un Chat du continent voisin. Si l'on peut supposer que d'autres formes de Chats ont

été introduites à Madagascar, venant d'autres régions que l'Afrique, il n'en est pas moins vrai, selon moi, que ces Chats africains, introduits par l'Homme et ayant repris la vie libre, ont constitué, dans la grande majorité des cas, la souche des Chats sauvages actuels de la grande Ile [1]. Selon les régions adoptées par eux, ils y ont constitué un certain nombre de variétés, peut-être de sous-espèces, non encore décelées.

Les hommes ayant importé ces Chats africains à Madagascar devaient appeler cet animal *impaka*, nom bantou du *Felis ocreata cafra*, le nom sakalave du Chat sauvage malgache actuel étant surtout *ampaka*, ce qui est manifestement le même mot. (On trouve encore dans l'Ouest *ampaha*, *paka*, *apaka*, *opaha;* G. Grandidier : *Liste alphabétique des noms malgaches d'animaux*, 1908.)

Il est en outre fort probable qu'à l'histoire des Chats sauvages de Madagascar se superpose exactement celle des Bœufs sauvages, qui vivent encore en troupeaux dans les vastes plateaux sakalaves, et du Potamochère malgache : *Potamochœrus larvatus* (F. Cuvier). Cet animal est extrêmement voisin du *Potamochœrus chœropotamus* (Desmoulins), constituant, selon Lönnberg, trois sous-espèces en Afrique orientale. Comme Forsyth Major le suggérait déjà en 1875, après Blanfort, comme Pfeffer l'a écrit plus récemment (1932), je pense à mon tour que le Potamochère a été importé, à Madagascar, à l'état domestique ou semi-domestique par un Homme ayant abordé sur le littoral occidental de la grande Ile. L'absence de cet animal, constatée par H. Perrier de La Bâthie, tant à l'état vivant qu'à l'état subfossile, sur les îles, satellites de Madagascar (archipel des Mitsio, Nosy-Bé, les Comores notamment), est un fait intéressant en faveur de l'introduction de cet animal par l'Homme. Il faut encore souligner, à ce même point de vue, la présence, notée par des explorateurs, de Potamochères semi-domestiqués chez les Abarambo et les Mangbetous (voir Hubert Kroll, 1927); et il convient d'ajouter que les restes de Potamochères, rares dans les dépôts subfossiles, y occupent toujours, selon G. Grandidier (1905), les couches superficielles.

Des faits d'ordre botanique viennent enfin à l'appui de la manière de voir condensée ci-dessus. A côté de plantes d'origine indubitablement africaine, dont la présence marque la place d'anciens villages (*Adansonia*

---

(1) Flacourt avait noté le fait que les Chats sauvages s'accouplent avec les Chats domestiques. Ceci a été confirmé à plusieurs reprises et, notamment, en ce qui concerne le *Felis ocreata cafra*, par Sclater (1900).

digitata L., par exemple), il en est d'autres, de même origine, qui ont été importées comme plantes cultivées et dont la culture a été abandonnée après leur naturalisation dans l'île (*Anona senegalensis* Poiret, *Vangueria edulis* Vahl., par exemple; voir H. Perrier de la Bâthie, *Rev. Bot. appl. et d'Agr. tropic.*, 1932).

L'ensemble de ces remarques, suggérées par la découverte d'un crâne de Chat parmi les subfossiles de Madagascar, s'accorde enfin en faveur d'une immigration humaine africaine à Madagascar, à une époque relativement reculée, probablement antérieure, en tout cas au moins contemporaine des toutes premières arrivées, sur la grande Ile, des nègres indonésiens.

PHYSIOLOGIE DE L'ALIMENTATION. — *Action comparée de la viande crue et du foie de veau sur la nutrition générale.* Note de MM. **P. Lassablière** et **A. Peycelon**, présentée par M. Charles Richet.

A. Technique. — 1° *Calcul des calories et de l'azote ingérés.* — Nous référant à des expériences antérieures effectuées en collaboration avec Ch. Richet, nous avons assigné à la viande crue une valeur de 100^{cal} et de 3,2 d'azote pour 100^{g}.

Le foie de veau donnait 130^{cal} et 3,4 d'azote pour 100^{g}.

De même, nous avons rapporté les calories et l'azote ingérés, comme dans nos recherches antérieures, non pas au poids mais à la surface des chiens utilisés. Nous rappelons que la formule de Meeh : $S = K\sqrt{P\,2/3}$ (K, chez le chien, étant égal à 11,2), permet de calculer rapidement la surface chez ces animaux.

2° *Ration des chiens employés.* — Tous nos chiens, nourris à la viande crue ou au foie de veau exclusivement, recevaient une ration leur apportant 12^{cal} et $0^{g},10$ d'azote par décimètre carré.

Lorsque la viande crue et le foie de veau étaient donnés en supplément, cette ration de supplément apportait un même nombre de calories et une même quantité d'azote.

3° *Conditions physiologiques des chiens.* — Nos recherches ont porté : *a*, sur quatre chiens en état d'équilibre azoté; *b*, sur quatre chiens ayant subi une même perte de sang; *c*, sur quatre chiens ayant été mis au jeûne un même nombre de jours; tous ces chiens recevaient comme nourriture exclusivement de la viande crue ou du foie de veau; *d*, sur quatre chiens

recevant déjà une pâtée suffisante pour les maintenir en équilibre azoté et auxquels on donnait en supplément soit de la viande crue, soit du foie de veau.

1° Courbe de poids des animaux auparavant en équilibre azoté auxquels on donnait une ration exclusivement composée de :

Viande crue : Le chien n° **1** a passé en 15 jours de 7100^g à 7600^g; le chien n° **2**, de 6600^g à 7400^g.

Foie de veau : Le chien n° **3** a passé en 15 jours de 5850^g à 6000^g; le chien n° **4**, de 6500^g à 7400^g.

2° Courbe de poids des animaux ayant subi précédemment une même perte de sang et auxquels on donnait une ration exclusivement composée de :

Viande crue : Le chien n° **5** a passé en 12 jours de 7000^g à 8000^g; le chien n° **6**, de 8100^g à 8900^g.

Foie de veau : Le chien n° **7** a passé en 12 jours de 5500^g à 5500^g; le chien n° **8**, de 7500^g à 7900^g.

3° Courbe de poids des animaux ayant été précédemment soumis à un jeûne de 7 jours, puis ayant été alimenté exclusivement avec :

Viande crue : Le chien n° **9** a passé en 8 jours de 6100^g à 6600^g; le chien n° **10**, de 7000^g à 7900^g.

Foie de veau : Le chien n° **11** a passé en 8 jours de 5000^g à 5300^g; le chien n° **12**, de 7000^g à 7600^g.

4° Courbe de poids des animaux en équilibre azoté auxquels on donnait un supplément de ration équivalent, leur apportant par décimètre carré 4^{cal} et $0^g,033$ en :

Viande crue : Le chien n° **13** a passé en 8 jours de 4500^g à 5200^g; le chien n° **14**, de 6100^g à 7400^g.

Foie de veau : Le chien n° **15** a passé en 8 jours de 5200^g à 5800^g; le chien n° **16**, de 6100^g à 6500^g.

C. *Conclusions.* — En résumé, si nous rapportons à 100 l'augmentation de poids obtenue dans nos expériences, nous trouvons :

1° Chez les chiens en équilibre azoté nourris avec la viande crue, une augmentation de 107 à 112 pour 100 (moyenne : 109 pour 100); chez les chiens en équilibre azoté nourris avec le foie de veau, une augmentation de 103 à 103 pour 100 (moyenne : 103).

2° Chez les chiens ayant subi une perte de sang et nourris avec la viande, une augmentation de 110 à 114 pour 100 (moyenne : 112 pour 100); chez les chiens ayant subi une perte de sang et nourris au foie de veau, une augmentation de 100 à 105 pour 100 (moyenne : 102,5).

3° Chez les chiens ayant jeûné et nourris avec la viande crue, une augmentation de 108 à 112 pour 100 (moyenne : 110 pour 100); chez les chiens ayant jeûné et nourris au foie de veau, une augmentation de 106 à 109 pour 100 (moyenne : 107,5).

4° Chez les chiens en équilibre azoté et recevant un supplément de viande, une augmentation de 115 à 121 pour 100 (moyenne : 118 pour 100); chez les chiens en équilibre azoté et recevant un supplément de foie de veau, une augmentation de 107 à 111 pour 100 (moyenne : 109).

Ainsi donc il résulte de nos recherches que la viande crue s'est montrée nettement supérieure au foie de veau dans son action sur la nutrition générale.

PHYSIOLOGIE COMPARÉE. — *Variations diurnes du sang chez les poissons.* Note de M. **Louis Baudin**, présentée par M. Louis Lapicque.

Au cours des recherches sur le sang circulant des poissons, j'ai observé certaines variations systématiques de sa composition suivant que la saignée est faite le matin ou le soir.

Ces variations intéressent le nombre des globules rouges par millimètre cube, la capacité en oxygène du sang exprimée par le rapport du volume d'oxygène dissous au volume du sang après agitation à l'air, le degré de saturation en oxygène du sang veineux par rapport à sa capacité, l'acide carbonique total contenu dans le même sang veineux. Les déterminations se sont poursuivies au cours des mois de juillet et d'août derniers, dans l'aquarium du Laboratoire maritime de Concarneau, où la température ne variait qu'entre 18 et 20°, permettant l'analyse du sang à la température même des bassins où vivaient les poissons.

Le sang ($0^{cm^3}5$ à $0^{cm^3}6$) est obtenu par ponction directe du cœur. Il est recueilli sous huile de vaseline et analysé immédiatement, au moyen de l'appareil différentiel de Barcroft. La méthode a été quelque peu modifiée en ce sens que le ferricyanure de potassium libérateur d'oxygène est employé, non en solution saturée, mais demi-saturée. Le même échantillon permet de mesurer successivement le degré de saturation, puis la capacité en oxygène et le CO^2 total. Les érythrocytes sont comptés au compte-globules de Thoma.

Comme il est impossible de saigner des poissons de 60 à 100^g à plusieurs reprises au cours d'une journée sans modifier profondément la qualité du sang ou provoquer la mort, on a opéré chaque fois sur un animal différent. Les résultats rapportés ici ne sont donc que des moyennes calculées sur tous les animaux observés.

Heures.	Globules par mm³ de sang (millions).	Capacité en O^2 (pour 100).	Degré de saturation (pour 100).	CO^2 du sang (pour 100).	Nombre de poissons examinés.
		Blennius gattorugine. 18 individus.			
8 à 10.........	1,37	4,59	34,9	13,5	10
10 à 12.........	1,74	5,2	39,2	12,5	4
14 à 18.........	1,64	5,1	16	14,5	4
		Crenilabrus melops. 45 individus.			
8 à 10.........	2,34	6,3	21,3	16,1	19
10 à 12.........	2,44	6,98	26,9	15,7	10
14 à 16.........	2,55	6,82	12	15,4	12
16 à 18.........	2,46	6,04	11	16	4

Les deux espèces diffèrent profondément par leur anatomie et par leurs mœurs; les variations diurnes de leurs sangs n'en sont pas moins identiques. Le matin, le nombre des globules est le plus faible; il augmente ensuite, passe par un maximum au début de l'après-midi et diminue vers le soir. La capacité du sang veineux en oxygène varie dans le même sens. Le degré de saturation subit une très forte baisse dans l'après-midi. La teneur en acide carbonique total, plus constante, varie en sens inverse et passe par un minimum vers le milieu du jour.

J'avais antérieurement observé les mêmes faits chez un poisson d'eau douce, *Perca fluviatilis*; ils semblent donc avoir un caractère général.

Ce rythme diurne que révèlent les analyses répétées du sang des poissons doit être rapproché de tous ceux que l'on connaît chez l'homme et de nombreux animaux. Il reste à savoir s'il est lié à la périodicité des facteurs du milieu extérieur tels que la température, la lumière, ou s'il est dû à une variation d'activité, les poissons ayant des mouvements respiratoires plus amples et plus fréquents et des déplacements plus nombreux et plus rapides le jour que la nuit.

TOXICOLOGIE PHYSIOLOGIQUE. — *L'oxyacanthine, alcaloïde du* Berberis vulgaris *L., possède-t-elle une action sympathicolytique?* Note de M. **Raymond-Hamet**, présentée par Charles Richet.

Parce que toutes les substances alcaloïdiques dont nous avons découvert les propriétés sympathicolytiques : yohimbine, corynanthine, acide

yohimbique, alcaloïde de la Rubiacée africaine adressée au professeur Perrot sous le nom de *Mitragyna africana*, donnent avec le réactif de Fröhde une coloration bleue caractéristique, nous nous sommes proposé de rechercher si l'oxyacanthine qui présente cette réaction colorée (1) possède, elle aussi, le pouvoir de diminuer l'excitabilité du système nerveux sympathique.

Si l'oxyacanthine, qui accompagne la berbérine et la berbamine dans les écorces de la racine d'Épine-Vinette (*Berberis vulgaris* L.), n'a été que très peu étudiée du point de vue pharmacologique, elle a été le sujet de nombreuses recherches chimiques, en particulier de celles de von Bruchausen qui a bien voulu mettre à notre disposition une petite quantité de l'alcaloïde très pur qu'il a préparé et dont il a déterminé la formule développée.

Chez le chien, anesthésié par le chloralose, bivagotomisé au cou et soumis à la respiration artificielle, l'oxyacanthine, à quelque dose que nous l'ayons injectée, n'a pu supprimer, ni à plus forte raison inverser, les effets hypertenseurs d'une dose moyenne d'adrénaline, mais elle a pu diminuer ces effets et surtout substituer, à la vaso-constriction du rein qui les accompagne normalement, une expansion de cet organe. Or nous avons démontré précédemment que cette inversion représente d'ordinaire le premier stade de l'action sympathicolytique.

Chez certains chiens, il nous a suffi de 15^{mg} d'oxyacanthine par kilogramme, pour transformer, en une dilatation, la constriction rénale provoquée normalement par l'injection intraveineuse de 0^{mg},04 d'adrénaline. Chez d'autres, nous n'avons pu obtenir cet effet avec 20^{mg} de cet alcaloïde par kilogramme et nous avons dû, pour arriver au même résultat, élever la dose du dit alcaloïde à 35^{mg} par kilogramme.

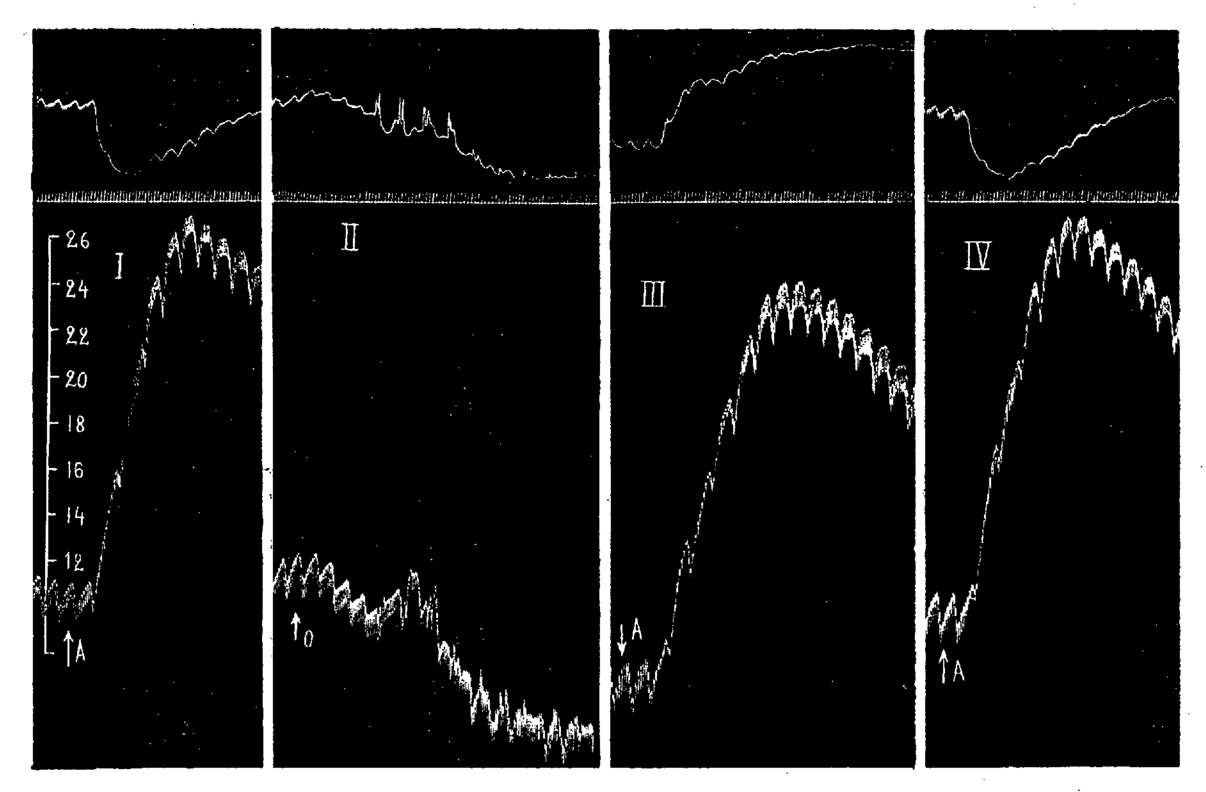
Alors que, chez quelques chiens, l'expansion du rein a remplacé d'emblée la contraction de cet organe, chez plusieurs de ces animaux, nous avons pu obtenir les stades intermédiaires entre ces deux manifestations opposées de l'action vasculaire de l'adrénaline. C'est ainsi que, chez un

---

(1) Notons toutefois que, tandis que la coloration bleue obtenue avec la yohimbine est stable pendant plusieurs minutes, celle que donne l'oxyacanthine passe très rapidement au bleu violet, au violet et au rouge violet.

Ajoutons également que le dérivé du dioxane auquel MM. Fourneau et Bovet ont récemment reconnu un pouvoir sympathicolytique très puissant, donne avec le réactif de Fröhde, une coloration, non pas bleue, mais bleu vert.

chien de 6^{kg}, anesthésié par le chloralose, bivagotomisé au cou et soumis à la respiration artificielle (expérience du 28 mai 1931), une injection de $0^{mg},04$ d'adrénaline provoquait initialement une hypertension de 188^{mm}



Expérience du 2 juin 1931. — Chien de 10^{kg}, anesthésié par le chloralose (12^{cg} par kilogramme), bivagotomisé au cou et soumis à la respiration artificielle. Première ligne : variations du volume du rein enregistrées par l'oncographe d'Hallion et Comte par nous modifié; deuxième ligne : temps en secondes; troisième ligne : modifications de la pression artérielle enregistrées au moyen du manomètre à mercure. Aux points marqués par les flèches A, injections, dans la saphène, de $0^{mg},04$ d'adrénaline en solution dans 4^{cm^3} de soluté physiologique de chlorure de sodium. Au point marqué par la flèche O, première injection, dans la saphène, de 100^{mg} de chlorhydrate d'oxyacanthine en solution dans 10^{cm^3} de soluté physiologique de chlorure de sodium. Entre la figure 2 et la figure 3, on a pratiqué une deuxième injection, dons la saphène, de 100^{mg} de chlorhydrate d'oxyacanthine. Entre la figure 3 et la figure 4, on a pratiqué 2 injections de $0^{mg},04$ d'adrénaline et laissé s'écouler entre chacune d'elles le temps nécessaire pour que la pression artérielle revienne à son niveau initial. Tracé réduit d'un peu plus de 1/3.

de Hg en même temps qu'une vaso-constriction rénale prolongée et non suivie de dilatation de cet organe; après injection de 12^{mg} d'oxyacanthine par kilogramme, l'augmentation de pression carotidienne, qui n'était plus que de 133^{mm}, s'accompagnait d'une diminution du volume du rein moins durable qu'auparavant et à laquelle succédait une expansion très marquée

de cet organe; après une nouvelle injection portant la dose d'oxyacanthine à 20^{mg} par kilogramme, l'hypertension, alors réduite à 128^{mm}, se produisait en même temps qu'une vaso-constriction du rein peu durable et suivie d'une dilatation considérable de cet organe; enfin, après administration d'une dose totale d'oxyacanthine de 37^{mg} par kilogramme, l'élévation de la pression, qui n'était plus que de 80^{mm}, coexistait exclusivement avec une forte expansion rénale. Ajoutons qu'une nouvelle injection d'adrénaline pratiquée quelques minutes après cette dernière élevait la pression de 104^{mm} et provoquait déjà une vaso-constriction rénale, très réduite, il est vrai, et encore suivie d'une vaso-dilatation rénale extrêmement marquée.

Alors que, chez ce dernier animal, l'inversion apparente de la vaso-constriction rénale adrénalinique s'est produite en même temps qu'une forte diminution de l'hypertension concomittante, chez d'autres (*fig.* I), elle ne s'est accompagnée d'aucune modification marquée de cette hypertension.

Dans tous les cas, cette inversion apparente est peu durable et il suffit de pratiquer deux ou trois injections successives d'adrénaline pour voir reparaître les effets vasculaires normaux de l'adrénaline (*fig.* I et IV).

Il est assez surprenant de constater que les effets que nous avons obtenus avec l'oxyacanthine qu'on a vantée comme antimalarique, ont une certaine analogie avec ceux de la quinine dont l'alcaloïde du *Berberis vulgaris* se rapproche d'ailleurs par plusieurs autres actions (action hypotensive, effets cardio-dépresseurs, etc.).

PARASITOLOGIE. — *Un ennemi du* Brontispa froggatti *Sharp aux Nouvelles-Hébrides.* Note [1] de M. **J. Risbec**, présentée par M. Joubin.

Brontispa Froggatti est l'un des parasites les plus importants du cocotier. L'adulte vit entre les folioles serrées les unes contre les autres des palmes qui ne sont pas encore étalées. Sa larve se trouve dans les mêmes endroits. Tous deux se nourrissent en dévorant le parenchyme foliaire. Lorsque les palmes se développent elles présentent des taches grises correspondant aux zones attaquées. Dans le cas où les parasites sont nombreux les cocotiers souffrent, ne rapportent plus et peuvent même mourir. Ces conditions les plus défavorables se rencontrent en Nouvelle-Calédonie.

Aux Nouvelles-Hébrides, *Brontispa-froggatti* ne cause guère de dégâts aux

(1) Séance du 20 novembre 1933.

cocotiers âgés, seuls les jeunes de moins de 5 ans peuvent être fortement atteints et, dans les cultures mal entretenues où les plants souffrent de la concurrence de la végétation sauvage, ils peuvent dépérir, puis mourir.

J'ai souvent constaté que des cocotiers présentant des traces de l'attaque du *Brontispa* sous forme de zones rongées avec accumulation de déjections n'abritaient plus aucun individu de l'espèce. J'avais remarqué aussi que ces conditions coïncidaient en général avec la présence de plusieurs exemplaires d'un perce-oreille commun dans les cocoteraies : le *Chelisoches morio* Fabr. J'étais ainsi amené à penser que le perce-oreille que j'avais vu auparavant se nourrir de cochenilles (*Pseudococcus*) était capable aussi de s'attaquer au *Brontispa*.

Des premières expériences, dans lesquelles le perce-oreille était placé en captivité en compagnie de *Brontispa* adultes ne donnèrent aucun résultat. Les *Chelisoches* côtoyaient les Chrysomélides sans manifester aucun intêret de leur présence, leurs téguments étant sans doute trop résistants.

Des *Chelisoches* ont alors été enfermés avec des larves de *Brontispa* posées sur des folioles de cocotiers pliées. J'ai pu constater alors que le perce-oreille était très friand des larves mises à sa disposition. A peine avait-il fait quelques tours dans sa prison pour chercher à s'enfuir qu'il se précipitait sur une larve pour la dévorer.

La larve est saisie par la partie moyenne du corps et le perce-oreille la dévore sans la poser sur un support. En moins de cinq minutes une larve de 1^{cm} de long, avalée progressivement, a complètement disparu.

Chelisoches morio représente donc un élément important dans la limitation de l'espèce *Brontispa froggatti*. Son action pourrait être aidée dans le cas de jeunes plants en écartant un peu les folioles contenant des larves de *Brontispa* et qui seraient trop serrées.

C'est un bel insecte atteignant presque 2^{cm} de long, d'un beau noir brillant.

PARASITOLOGIE. — *Paralysie ascendante mortelle expérimentale du chien par piqûre de la tique australienne :* Ixodes holocyclus. Note de M. **E. Brumpt**, présentée par M. E. Leclainche.

La piqûre de l'homme ainsi que celle de certains animaux domestiques par divers ixodidés exotiques, provoque parfois chez eux une paralysie ascendante, souvent mortelle, ressemblant, chez l'homme, à la paralysie

infantile. Quelques expériences permettant d'établir ce fait ont été effectuées par Hadwen (1913), Hadwen et Nuttall (1913) dans le cas du *Dermacentor andersoni* de l'Amérique du Nord, puis par S. Dodd (1921), J. C. Ross (1926) avec la tique australienne *Ixodes holocyclus*. Grâce à la grande obligeance de Mme de Lestrange, assistante à l'Institut Pasteur, qui a bien voulu m'apporter de Sydney des tiques (*fig.* 1 et 2) qui lui avaient été confiées par J. C. Ross, j'ai pu entreprendre diverses expériences dont je résumerai la première ci-dessous.

EXPÉRIENCE 575 XVI. — Un chien mâle de 8 à 10 mois est piqué à l'oreille droite, le jeudi 2 novembre 1933 par deux femelles d'*Ixodes holocyclus* écloses depuis quelques semaines, fécondées et à jeun. Rien à signaler pendant les cinq premiers jours durant lesquels les tiques se gorgent peu à peu.

Sixième jour, 8 novembre 1933. — Une des deux tiques, tombée pendant la nuit entièrement gorgée, est récoltée à 9^h; la seconde, également gorgée, se détache entre midi et 14^h. Le chien, qui semblait normal à 16^h 30^m, présente à 19^h une paralysie des membres, surtout accentuée aux membres postérieurs. Le bulbe doit être déjà atteint par le poison des tiques car le chien vomit ou tente de vomir à différentes reprises dans la soirée. Il urine plusieurs fois sous lui; la respiration est assez fréquente et normale; il n'existe pas d'élévation de la température; le chien ne se plaint pas.

Septième jour. — L'animal, qui n'a pris aucun aliment liquide ou solide depuis hier matin, est examiné à midi en compagnie de mon collègue Guillain. La paralysie des membres est plus accentuée et les pattes antérieures ne peuvent plus soutenir le corps; les réflexes tendineux sont abolis et la sensibilité cutanée semble très faible ou nulle, car malgré les pincements et les piqûres le chien ne réagit pas, son regard reste normal et il manifeste son plaisir en agitant la tête et la queue quand on lui parle. La température et le respiration sont normales mais les vomissements muqueux et les mictions involontaires se renouvellent au cours de l'après-midi; une selle est évacuée vers 18^h. Les réflexes pupillaires à la lumière sont conservés.

A 19^h, l'animal qui gît sur le sol avec la tête allongée devant lui, présente un regard anxieux; la paralysie des membres est à peu près totale, mais celle des masses lombaires l'est beaucoup moins, car divers mouvements de reptation peuvent être enregistrés; cependant la queue ne s'agite plus et la tête ne se relève que très difficilement. L'examen de frottis de sang colorés ne révèle rien d'anormal.

Huitième jour. — Le chien, toujours paralysé, semblant indifférent à ce qui se produit autour de lui, respire difficilement sans gémir en ouvrant fortement la gueule à chaque inspiration et n'effectue que 15 mouvements respiratoires par minute. Le rythme respiratoire est inversé par suite de la paralysie du diaphragme, l'abdomen se creuse à chaque inspiration due au fonctionnement de la cage thoracique et se gonfle à chaque expiration. L'animal vomit plusieurs fois de la bile; la salivation et la sécrétion lacrymale sont normales. Le poil est hérissé et le regard de plus en plus anxieux. A 15^h, après quelques mouvements convulsifs, l'animal succombe avec la gueule à demi ouverte laissant sortir la langue.

Autopsie. — Cette opération a été effectuée aussitôt après la mort. Poids total 4^{kg},440.

La face intérieure de l'oreille droite montre une très légère érosion au point de fixation d'une des deux tiques et rien au point de fixation de l'autre. L'étude histologique a

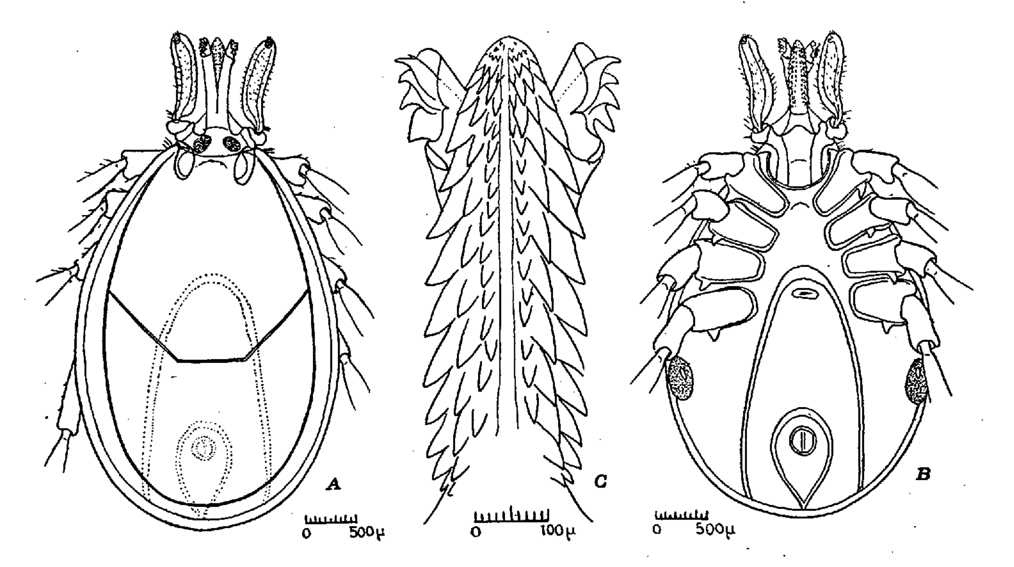


Fig. 1. — *Ixodes holocyclus* femelle. A, face dorsale; B, face ventrale; C, rostre.

montré qu'il s'agissait d'une érosion banale sans ecchymose. Le cerveau et la moelle épinière semblent normaux extérieurement. Les poumons sont plus ou moins hépatisés dans la moitié de leur masse. Les oreillettes sectionnées laissent couler du sang de

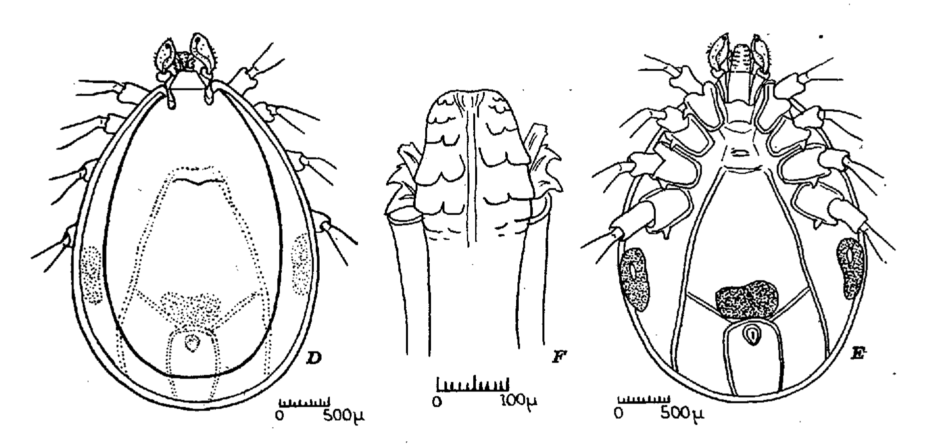


Fig. 2. — *Ixodes holocyclus* mâle. D, face dorsale; E, face ventrale; F, restre.

couleur normale se coagulant assez rapidement; les ventricules sont vides. La rate, petite, ne pèse que 6^{g},650; les organes abdominaux ne présentent aucune altération macroscopique; la vessie est vide.

En résumé, un chien de 9 livres environ a présenté une paralysie ascendante aiguë, mortelle, déterminée par la piqûre de deux tiques pesant $1^{g},014$, dont les glandes salivaires d'un poids probable de 10 à 15^{mg}, ont sécrété en 6 jours quelques milligrammes d'un liquide renfermant une substance toxique extrêmement active.

La pathogénie de cette paralysie, dont l'étude expérimentale est appelée à jeter une vive lumière sur celle des paralysies toxiques en général, est encore peu connue. L'envenimation mortelle de l'homme et des animaux ne peut être produite que par la piqûre de la tique femelle séjournant plusieurs jours sur son hôte; elle ne peut être obtenue, contrairement à ce qui s'observe dans le cas d'autres animaux venimeux, par l'inoculation de broyats des organes actifs de leur corps.

MÉDECINE PRÉVENTIVE. — *Sur les vaccinations associées.*
Note de M. G. **Ramon**, présentée par M. F. Mesnil.

En suivant l'hyperimmunisation des chevaux producteurs de sérum antitoxique (diphtérique et tétanique), nous constations, en 1924, que l'apparition, chez un cheval, d'un abcès à l'endroit d'injection de l'antigène, entraîne souvent une augmentation plus ou moins considérable du taux de l'antitoxine dans le sérum de cet animal ([1]).

Cette constatation a permis d'établir un procédé d'immunisation entré maintenant dans la pratique chez l'animal (vaccination antitétanique des animaux domestiques par exemple) et qui consiste à additionner l'antigène, avant son injection, d'une substance non spécifique telle que la poudre de tapioca, le chlorure de calcium, etc. De l'injection de ce mélange à l'animal, résulte, on le sait, un rendement très fortement accru de la production d'antitoxine ([2]).

La même constatation a conduit indirectement à la méthode, dite des vaccinations associées, que nous avons établie avec la collaboration de Chr. Zoeller ([3]). Cette méthode, qui utilise le mélange d'une anatoxine et

---

([1]) *Bull. et Mém. Soc. centr. Médecine vétérinaire*, 150, x, 1925, p. 227.
([2]) *Comptes rendus*, 181, 1925, p. 157.
([3]) *C. R. Soc. de Biol.*, 94, 1926, p. 106.

d'un vaccin microbien tel que le vaccin antityphoparatyphoïdique (T.A.B.), est aujourd'hui couramment employée, chez l'homme en particulier; son application est recommandée dans la loi de décembre 1931 qui a rendu la vaccination antidiphtérique obligatoire dans l'armée française. Tout en facilitant la pratique des immunisations, la vaccination associée permet d'obtenir, comme nous l'avons montré avec Chr. Zoeller et comme l'ont confirmé depuis de nombreux opérateurs (L. Martin, Loiseau et Laffaille, Crouzon, Dopter etc.), un accroissement de l'immunité conférée par l'anatoxine.

En présence des excellents résultats obtenus grâce à cette association de l'anatoxine diphtérique et du vaccin T. A. B., on pouvait songer à étendre le principe de la méthode en pratiquant par exemple des vaccinations associées au moyen du mélange des trois vaccins : anatoxine diphtérique, anatoxine tétanique et vaccin antityphoparatyphoïdique.

Dans une série d'expériences, nous avons cherché à donner une base expérimentale à cette pratique. Voici l'une de nos expériences : on prépare trois lots de six cobayes chacun; ces cobayes sont tous de même origine, leur poids varie de 300 à 380^{g}. Aux animaux du premier lot, on fait successivement, à quinze jours d'intervalle, trois injections sous-cutanées de 1$^{cm^3}$, 1$^{cm^3}$ et 2$^{cm^3}$ d'anatoxine diphtérique, titrant 25 unités antigènes au centimètre cube. Les animaux du second lot reçoivent, dans les mêmes conditions, trois injections de 1$^{cm^3}$, 1$^{cm^3}$ et 2$^{cm^3}$ d'anatoxine tétanique (8 unités). Quant aux animaux du troisième lot, ils reçoivent, toujours dans les mêmes conditions, des injections du mélange ainsi composé : 1$^{cm^3}$ d'anatoxine diphtérique, 1$^{cm^3}$ d'anatoxine tétanique, 1$^{cm^3}$ de vaccin antityphique (T. A. B.), cela pour les deux premières injections; pour la troisième le mélange est composé de 2$^{cm^3}$ de chacun des trois vaccins. Quinze jours après la deuxième injection, trois cobayes de chaque lot sont saignés par ponction du cœur, les sérums sont mêlés et l'on procède au dosage des antitoxines diphtérique et tétanique dans les différents mélanges. De même, deux semaines après la troisième injection, on pratique un prélèvement de sang chez les trois cobayes de chaque lot qui n'ont pas encore été saignés et un nouveau dosage des antitoxines est effectué. Voici les résultats de ces dosages :

Origine des sérums.	Titre en unités antitoxiques des mélanges de sérum. Premier dosage. Antitoxine diphtérique.	Premier dosage. Antitoxine tétanique.	Deuxième dosage. Antitoxine diphtérique.	Deuxième dosage. Antitoxine tétanique.
Cobayes ayant reçu l'anatoxine diphtérique seule	3	—	7	—
Cobayes ayant reçu l'anatoxine tétanique seule		6		20
Cobayes ayant reçu le mélange anatox. dipht. + anatox. tétan. + T.A.B....	4	12	10	75

Ces résultats et d'autres du même genre permettent de se rendre compte que l'immunité antidiphtérique et l'immunité antitétanique des animaux qui ont reçu les trois vaccins associés, non seulement ne sont pas inférieures à celle des animaux qui ont reçu seulement l'un ou l'autre des vaccins anatoxiques, mais encore se révèlent nettement supérieures.

Du point de vue théorique, on peut remarquer que la concurrence des antigènes, mise en avant par certains auteurs de l'école allemande en particulier, n'intervient pas ici. L'organisme est bien capable de faire à la fois les frais de plusieurs immunisations.

Du point de vue pratique, soulignons l'intérêt des vaccinations associées antidiphtérique-antitétanique-antityphique qui permettent de réaliser plusieurs immunisations en une seule série d'opérations, chacune des immunités antitoxiques ainsi développées étant supérieure à celle que confère la vaccination anatoxique simple (1).

(1) Ainsi que nous avons pu nous en rendre compte, les vaccinations associées antityphoïdique-antidiphtérique-antitétanique n'entraînent pas, chez l'homme, de réactions plus fréquentes et plus fortes que les vaccinations simples.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Présence du* Treponema pallidum *dans l'ovaire des souris contaminées de syphilis.* Note de M. C. **Levaditi**, Mlles **R. Schœn** et **Y. Manin** et M. **A. Vaisman**, présentée par M. F. Mesnil.

Continuant nos recherches sur le mécanisme de la transmission héréditaire de la syphilis, il nous a été donné de découvrir la présence du *Treponema pallidum* dans l'ovaire de souris blanches syphilisées par voies sous-cutanée et intraveineuse (virus Truffi). Dans des Communications antérieures ([1]), nous avons établi : 1° que l'ovaire des souris, syphilitiques depuis 165 jours, peut contenir le virus spécifique transmissible au lapin par voie sous-scrotale; 2° que le *Treponema pallidum* peut être constaté dans les cornes utérines, au contact des vaisseaux et des épithéliums des glandes de l'utérus et de l'endomètre.

Nos nouvelles constatations révèlent les faits suivants :

a. Les testicules des souris mâles ([2]) contiennent le virus syphilitique 164 jours après l'infection. En effet, l'inoculation d'une émulsion testiculaire à des lapins neufs a déterminé l'éclosion d'un syphilome scrotal le 45e jour; il en fut de même de l'injection des ganglions lymphatiques. Il nous a été impossible de déceler, jusqu'à présent, des tréponèmes dans de tels testicules virulents ;

b. Conformément à nos observatioms antérieures, les ovaires et les cornes utérines des sujets femelles appartenant aux mêmes couples, renfermaient le virus, lié à la présence du *Treponema pallidum*, parmi les épithéliums des glandes utérines et de l'endomètre;

c. Enfin, nous avons décelé le tréponème dans l'ovaire d'une souris 138 B, infectée depuis 160 jours. Les parasites, relativement nombreux, sont logés dans le parenchyme ovarien, soit au voisinage des parois vasculaires, soit à proximité des ovocytes, au contact des cellules folliculaires. Nous n'en avons découvert ni dans les ovocytes mêmes, ni dans l'ovisac, ou le *liquor*

([1]) Levaditi, Hornus, Vaisman et Schoen, *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 798; Levaditi, Schœn, Manin et Vaisman, *C. R. Soc. de Biol.*, 114, 1933, p. 687.

([2]) Ces animaux se sont montrés inféconds.

folliculi (voir figure). Exception faite de la rareté des corps jaunes dans l'ovaire examiné, l'ovogénèse paraissait normale. Présence de spirochètes dans les cornes utérines et dans les ganglions lymphatiques du même animal.



Conclusions. — *Le testicule, l'ovaire et les cornes utérines des souris blanches contaminées depuis* 150 *jours contiennent le virus syphilitique. Sa présence est souvent liée à celle du* Treponema pallidum *dans l'ovaire et dans les cornes de l'utérus. L'appareil reproducteur mâle et femelle est donc contaminé dans son ensemble, chez des animaux en âge de se reproduire* (1). *L'ovule est exposé*

(1) Nous reviendrons ultérieurement sur la fécondité des couples de souris syphilitiques.

à l'infection tréponémique non seulement pendant sa nidation utérine, mais encore lors de sa genèse et de son évolution intrautérines.

A 15^h45^m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16^h20^m.

É. P.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances d'octobre 1933.

Le noyau atomique, par Saverio Spadavecchia. Milano, S. A. « La Grafica Sociale », 1933; 1 vol. 22cm,5.

L'erreur du Concept d'« Électron ». Identité de l'électron avec l'atome d'hydrogène. Preuves expérimentales, par Ion Andrei. Bucaresti, Tipografia « Bucovina » I. E. Toroutiu, 1933; 1 vol. 23cm,5.

Précis d'astronomie, par Paul Stroobant. Paris, Gauthier-Villars, 1933; 1 vol. 21cm.

The Mathematical Atom. Its involution and Evolution. Exemplified in the Trisection of the Angle. A Problem in Plane Geometry, par Julius J. Gliebe. San Francisco, 1933; 1 vol. 18cm.

Le Graphite. Étude économique, par René Sauffrignon. Paris, Mines, Carrières, Grandes entreprises, 1933; 1 fasc. 32cm.

Contribution à l'étude générale des terres de surface, par Franck Guichard. IIe fasc. : *Concentration ionique. Besoins en CaO. Calcaire.* Polycopie. (Présenté par M. J. Costantin.)

Les machines à calculer. Leurs principes. Leur évolution, par Louis Couffignal. Paris, Gauthier-Villars, 1933; 1 vol. 22cm,5.

Les fêtes du centenaire de Cuvier. Monbéliard, Société anonyme d'imprimerie montbéliardaise, 1933; 1 vol. 25cm,5.

Leçons sur les fonctions presque périodiques, par J. Favard. In *Cahiers scientifiques*, fasc. XIII. Paris, Gauthier-Villars, 1933; 1 vol. 25cm,5.

Notes et souvenirs, par Paul Janet. Paris, Gauthier-Villars; 1 vol. 25cm,5.

L'agriculture dans l'évolution de la crise mondiale. Conférences organisées par l'*Institut national agronomique et l'Association amicale de ses anciens élèves*, par J. Alquier, Étienne de Felcourt, Pierre Lyautey, Jean de Nicolaÿ, William Oualid, J.-H. Ricard, Lucien Romier, Serruys. Paris, Librairie Félix Alcan, 1933; 1 vol. 25cm,5.

Marine Isopoda of the Families Serolidæ, Idotheidæ, Pseudidotheidæ, Arcturidæ, Parasellidæ and Stenetriidæ Mainly from the south Atlantic, par Ake Nordenstam. Stockholm, P. A. Norstedt and Söner, 1933; 1 vol. 27cm5.

Résultats des campagnes scientifiques accomplies sur son yacht, par Albert Ier, prince souverain de Monaco. Fasc. LXXXVII. *Siphonophores calycophorides provenant des campagnes du prince Albert Ier de Monaco*, par Eugène Leloup. Imprimerie de Monaco, 1933; 1 vol. 36cm.

ERRATA.

(Séance du 23 octobre 1933.)

Note de MM. *Nicolas Kryloff* et *Nicolas Bogoliùboff*, Sur quelques propriétés générales des résonances dans la mécanique non linéaire :

Page 909, ligne 11, *au lieu de* $H''_{J^2}(J) = 0$, *lire* $H''_{J^2}(J) \neq 0$; ligne 26, *au lieu de* $M(c, w_0)$, *lire* $m(c, w_0)$; ligne 30, *au lieu de* $p/q\, dt + \theta$, *lire* $(p/q)\alpha + \theta$.

Page 910, ligne 2, *au lieu de* $p/q\alpha$, *lire* $(p/q)\alpha$.

(Séance du 13 novembre 1933.)

Note de Mlle *F. Bloch*, MM. *J. Ellsworth* et *S. P. Liau*, Observations photométriques de l'étoile R. S. *Ophiuchi* :

Page 1095, titre, *au lieu de* Mlle F. Bloch, *lire* Mlle M. Bloch; lignes 13 et 15 de l'article, *au lieu de* V *Ophiuchi*, *lire* ν *Ophiuchi*.

Page 1096, Tableau II, ligne 1, *au lieu de* Mg 17,32, *lire* Mg 7,32.

Page 1097, note (1), *au lieu de* 4, 1928, *lire* 6, 1928.

(Séance du 20 novembre 1933.)

Note de M. *Véron*, Ailettes rectilignes à flux calorifique uniforme :

Page 1209, ligne 4, *lire* en assimilant le flanc de l'ailette à un plan parallèle au plan de symétrie, et offrant la même distribution de températures.

Note de MM. *A. Demolon* et *E. Bastisse*, Influence des anions sur la fixation et la mobilisation de l'acide phosphorique dans les sols :

Page 1248, avant-dernière ligne, *au lieu de* pour les anions actifs, *lire* pour les anions inactifs.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 4 DÉCEMBRE 1933.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES RICHET.

RENOUVELLEMENT ANNUEL

DU BUREAU ET DES COMMISSIONS ADMINISTRATIVES.

M. **P.-A. Dangeard** est élu Vice-Président pour l'année 1934 par 45 suffrages contre 3 à M. *E. Leclainche* et 1 à M. *G. Bertrand*.
Il y a 1 bulletin blanc.

M. **Ch. Lallemand**, par 44 suffrages; M. **E.-L. Bouvier**, par 45 suffrages, sont réélus membres des Commissions administratives.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Détermination de la probabilité des séries de jours de pluie et de beau temps au Parc Saint-Maur.* Note de M. **Émile Borel**.

L'interprétation des résultats statistiques de ma précédente Note (¹) peut être tentée de manières diverses. Si l'on s'attache seulement au résultat global, on constate que les 50 périodes de 123 jours considérées ont présenté 1075 séries de jours de pluie et 1075 séries de jours de beau temps, soit 2150 séries, de sorte qu'il est arrivé 2100 fois qu'un jour de pluie a succédé à un jour de beau temps ou inversement. Comme il y a eu, parmi les 6150 jours considérés, 3202 jours de pluie et 2948 jours de beau temps,

(¹) *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 1257.

on conclut, en laissant de côté le 1er octobre de chaque année, que la probabilité globale pour que le lendemain d'un jour de pluie soit un jour de pluie, est d'environ 0,669 tandis que la probabilité globale pour que le lendemain d'un jour de beau temps soit un jour de beau temps est 0,64, la probabilité étant en moyenne 0,655 pour qu'il fasse demain le même temps qu'aujourd'hui dans la période considérée. Mais ces résultats globaux ont une signification beaucoup moins précise que ceux que l'on peut tirer de l'étude détaillée des séries. Pour faire cette étude, nous reprendrons les tableaux de ma précédente Note; nous y additionnerons, pour simplifier, les deux nombres correspondant aux séries complètes et incomplètes, et enfin nous ferons la somme du nombre des séries dont la longueur est supérieure ou égale à 1, supérieure ou égale à 2, etc. Nous obtiendrons ainsi la deuxième colonne des tableaux suivants, la troisième colonne renfermant les logarithmes des nombres de la deuxième, la quatrième colonne les différences de ces logarithmes, la cinquième la moyenne de ces différences par groupes de trois, et enfin la dernière, la probabilité de la persistance des séries (inverse du nombre correspondant au logarithme précédent); pour les trois premières lignes, nous avons donné la probabilité pour chacune d'elles, ainsi que la probabilité moyenne des trois.

Séries de jours de pluie en 50 ans pendant les 4 mois (octobre-janvier). Observatoire du Parc Saint-Maur.

Nombre de jours de la série.	Somme des nombres des séries *supérieures* ou égales au nombre de la colonne 1.	Logarithme des nombres de la colonne 2.	Différences des logarithmes.		Probabilité moyenne. (sur 3 différences) pour que la série continue.	
1	1075	3,0314	0,1989		0,632	
2	680	2,8325	0,1832	0,1839	0,655	0,655
3	446	2,6493	0,1696		0,677	
4	299	2,4797	0,1743			
5	202	2,3054	0,1624	0,1643	–	0,685
6	139	2,1430	0,1562			
7	97	1,9868	0,1673			
8	66	1,8195	0,1663	0,1435	–	0,718
9	45	1,6532	0,0969			
10	36	1,5563	0,1091			
11	28	1,4472	0,0670	0,1267	–	0,747
12	24	1,3802	0,2041			
13	15	1,1761	0,1367			
14	11	1,0414	0,2632	0,1920	–	0,644
15	6	0,7782	0,1761			

Nombre de jours de la série.	Somme des nombres des séries *supérieures* ou égales au nombre de la colonne 1.	Logarithme des nombres de la colonne 2.	Différences des logarithmes.	Probabilité moyenne (sur 3 différences) pour que la série continue.		
16	4	0,6021	0,1250			
17	3	0,4771	0	0,1004	–	0,794
18	3	0,4771	0,1761			
19	2	0,3010	0			
20	2	0,3010	0	0	–	1
21	2	0,3010	0			
22	2	0,3010	0			
23	2	0,3010	0,3010	0,1003	–	0,794
24	1	0	0			
...	.	......	......	......	.	......
36	1					

Séries de jours de beau temps.

1	1075	3,0314	0,2695		0,538	
2	578	2,7619	0,2008	0,2117	0,63	0,614
3	364	2,5611	0,1649		0,684	
4	249	2,3962	0,1337			
5	183	2,2625	0,1553	0,1410	–	0,723
6	128	2,1072	0,1341			
7	94	1,9731	0,1218			
8	71	1,8513	0,1611	0,1430	–	0,719
9	49	1,6902	0,1461			
10	35	1,5441	0,1127			
11	27	1,4314	0,1092	0,1046	–	0,786
12	21	1,3222	0,0918			
13	17	1,2304	0,1165			
14	13	1,1139	0,1597	0,1091	–	0,778
15	9	0,9542	0,0511			
16	8	0,9031	0,0580			
17	7	0,8451	0,2430	0,1003	–	0,794
18	4	0,6021	0			
19	4	0,6021	0			
20	4	0,6021	0,1250	0,1003	–	0,794
21	3	0,4771	0,1761			
22	2	0,3010	0,3010			
23	1	0	0	0,1003	–	0,794
24	1	0	0			
25	1	0	–	–	–	–

Dans le commentaire de ces tableaux, je me bornerai aux remarques qui peuvent être faites par toute personne ayant l'habitude de tels calculs, sans utiliser les calculs assez compliqués, où intervient la loi des écarts, par lesquels on peut essayer de préciser numériquement la valeur de nos affirmations. Mon but principal est en effet de donner l'exemple d'une méthode simple; il va sans dire qu'une représentation graphique des différences des logarithmes en facilite l'interprétation. Il est clair que la faible valeur des nombres observés ne permet de fixer aucune conclusion précise pour les séries dépassant 25 jours; il faudrait des observations bien plus nombreuses pour avoir un plus grand nombre de ces séries exceptionnelles. Mais la portion utile des tableaux permet de dégager une loi très nette : la probabilité de la persistance de la série augmente progressivement avec la longueur de cette série et tend vers la valeur limite 0,8 dont elle s'approche beaucoup dès les séries de 10 jours de beau temps. La probabilité, qui est plus forte pour les courtes séries de jours de pluie que pour les courtes séries de jours de beau temps, croît moins vite pour les séries de jours de pluie, mais tend cependant à la longue vers la même limite 0,8.

Si l'on observe que le cube de 0,8 est 0,512, on voit, qu'alors la probabilité d'un jour isolé de pluie ou de beau temps est voisine de 0,5, il y a également une probabilité égale à 0,5 pour qu'une longue série de jours de pluie ou de beau temps soit suivie de *trois* jours consécutifs de même nature.

On peut observer que la probabilité pour que le lendemain d'un jour de pluie soit un jour de pluie se trouve augmentée du fait que s'il pleut avant minuit, il pleuvra encore après minuit; ce fait ne paraît pas cependant avoir une grande influence sur le résultat.

On observe, dans les tableaux ci-dessus, un fléchissement de la probabilité au voisinage des séries de 14 jours, très net pour les jours de pluie, moins marqué mais cependant sensible pour les jours de beau temps. On sait combien sont délicats les problèmes de probabilités des causes; il ne me paraît pas possible, de l'ensemble des chiffres ci-dessus, de tirer une conclusion certaine en ce qui concerne l'existence effective d'un phénomène particulier au voisinage du 14e jour de la série; il y a cependant là une indication qui pourrait peut-être être confirmée par des recherches portant sur des observations beaucoup plus nombreuses. Il faudrait également des observations beaucoup plus nombreuses pour pouvoir dire si, dans le cas de très longues séries, la probabilité peut dépasser la valeur 0,8 qui nous apparaît comme la valeur maximum déduite de nos calculs (car on ne peut

attacher de signification à la valeur 1 qui apparaît parfois dans nos tableaux, non plus qu'à la valeur 0 qui devrait suivre logiquement les séries maxima observées; ces valeurs exceptionnelles sont dues au trop petit nombre des observations).

Lorsque l'on se propose d'augmenter beaucoup le nombre des observations, on peut chercher à les étendre, soit dans le temps, soit dans l'espace. L'extension dans le temps n'est possible que pour le très petit nombre d'observatoires où les observations sont recueillies depuis plusieurs siècles; elle se heurte à deux objections : l'incertitude des observations anciennes et surtout la variabilité séculaire des climats. L'extension dans le temps, c'est-à-dire l'étude simultanée d'observations faites dans des stations ayant des climats à peu près analogues se heurte de son côté à deux objections contradictoires : si les stations sont trop rapprochées les unes des autres, les phénomènes qui s'y produisent ne sont pas indépendants; si elles sont trop éloignées, le matériel statistique étudié risque de manquer d'homogénéité. Il semble cependant que l'on pourrait diminuer beaucoup la force de ces objections en prenant des stations éloignées d'environ une centaine de kilomètres et pour chacune desquelles la proportion des jours de pluie et de beau temps serait, dans la période considérée, très voisine de 0,5. Il n'est pas douteux qu'en utilisant des observations journalières au moins 10 fois plus nombreuses que celles que j'ai étudiées, ce qui fournirait environ 10000 séries de chaque nature, on préciserait beaucoup les conclusions auxquelles nous sommes arrivés, car les différences successives des logarithmes, qui sont le point essentiel de notre méthode, seraient beaucoup plus régulières (1).

---

(1) M. Louis Besson, chef du Service météorologique de la Ville de Paris, veut bien me communiquer un Mémoire fort intéressant : *La pluie à Paris d'après cinquante années d'observations*, qu'il a publié dans les *Annales des Services techniques d'hygiène de la Ville de Paris*, t. V, 1924, p. 1. Parmi les nombreuses questions traitées dans le Mémoire figure celle qui nous intéresse ici; je crois préférable de se borner, comme je l'ai fait, à une saison sensiblement homogène et d'utiliser d'autre part la méthode des différences des logarithmes, qui donne très facilement des résultats particulièrement frappants.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Observations sur une Note récente de M. Sixto Rios* (¹). Note de M. **Hadamard**.

Toute personne familiarisée avec l'état actuel de la théorie des fonctions analytiques se rendra compte que la critique adressée par M. Sixto Rios à un résultat de M. Mandelbrojt repose sur un simple malentendu.

Lorsqu'une fonction analytique admet une ligne singulière fermée. laquelle divise nécessairement le plan en deux régions R_1, R_2, elle cesse par là même (sauf application éventuelle, et d'ailleurs tout à fait exceptionnelle, des extensions données par M. Borel et ses successeurs à la notion de prolongement analytique) d'être définie dans l'une au moins de ces régions, R_2 par exemple.

Un tel *espace lacunaire* R_2 doit être considéré comme faisant entièrement partie de l'ensemble des singularités de la fonction. Il est tout à fait déraisonnable de considérer un point quelconque de R_2 comme un point ordinaire (autour duquel la fonction dont il s'agit devrait être représentable par un développement de Taylor à rayon de convergence non nul!).

Moyennant cette convention, conforme, de toute évidence, à la nature des choses *et que nous avions expressément spécifiée*, M. Mandelbrojt et moi, dans la nouvelle édition de *La Série de Taylor et son prolongement analytique* (²), le théorème de M. Mandelbrojt s'applique à l'exemple invoqué par M. Sixto Rios comme dans tous les autres cas.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la teneur comparée en zinc des feuilles vertes et des feuilles étiolées*, Note de M. **Gabriel Bertrand** et Mlle **M. Andreitcheva**.

Les dosages de zinc dans les principaux aliments d'origine végétale, publiés par l'un de nous en collaboration avec B. Benzon (³), ont suggéré

(¹) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 1170.

(²) Page 21, note (²). Voir aussi Mandelbrojt, *Mémorial des Sciences mathématiques*, fasc. LIV, page 5, lignes 15-16.

(³) Gab. Bertrand et B. Benzon, *Comptes rendus*, **187**, 1928, p. 1098; et, avec plus de détails, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, **45**, 1929, p. 168.

la notion que la teneur en métal des feuilles est d'autant plus grande que ces organes sont plus fortement colorés par la chlorophylle. Alors que l'endive, complètement étiolée par le procédé de culture, ne renfermait que $0^{mg},4$ de zinc par kilogramme, la laitue romaine et la scarole, d'un vert pâle, la laitue pommée, d'un vert plus intense, possédaient des teneurs croissantes allant jusqu'à $9^{mg},7$ par kilogramme pour la dernière espèce.

Il nous a semblé que cette notion, aussi importante au point de vue de la physiologie végétale qu'au point de vue de l'alimentation rationnelle, méritait un examen plus approfondi et nous avons cherché, tout d'abord, par de nouvelles analyses, si la notion envisagée était le résultat d'une simple coïncidence, due à la comparaison d'un trop petit nombre de chiffres, ou devait être considérée, au contraire, comme générale et, par suite, définitivement acquise.

Les nouvelles déterminations quantitatives ont été effectuées sur des feuilles prélevées non seulement sur des plantes dont les unes étaient complètement étiolées par le mode de culture, comme l'endive et la barbe de capucin et les autres, plus ou moins vertes, comme le cresson, le pissenlit, l'oseille et l'épinard, mais aussi sur des plantes portant à la fois des feuilles étiolées et des feuilles vertes, comme cela se rencontre dans certaines salades ou bien encore dans le chou.

En raison de la faible quantité de zinc que nous avions à doser, nous avons opéré dans chaque cas sur un kilogramme de feuilles fraîches; nous avons déterminé en même temps, sur une prise d'essai de moindre importance, les proportions de matières sèches et de cendres.

Les mêmes précautions ont été prises que dans les recherches antérieures pour la préparation des échantillons, leur dessiccation, la destruction des parties combustibles. La séparation du zinc des cendres a été réalisée par la méthode dite au zincate de calcium (1) et le métal pesé à l'état de sulfate anhydre. Voici, rassemblés en un tableau, les résultats que nous avons obtenus :

---

(1) Gab. Bertrand, *Comptes rendus*, **115**, 1892, p. 939 et 1028; Gab. Bertrand et M. Javillier, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, **1**, 1906, p. 63. Voir aussi Gab. Bertrand et M. Mokragnatz, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, **33**, 1923, p. 1539.

	Matière sèche en grammes.	Cendres en grammes.	Zn par kilogramme de Matière fraiche.	Matière sèche.	Cendres.
	%	%	mg	mg	mg
Chicorée endive	5,15	0,34	0,36	6,98	109,09
Barbe de capucin	5,02	0,46	1,14	22,70	247,82
Oseille	6,70	0,93	3,08	45,98	331,18
Épinard	7,84	1,49	5,23	66,70	351,00
Pissenlit	8,04	1,15	7,84	97,51	681,73
Cresson, folioles	8,94	1,35	8,99	100,56	665,92
Laitue pommée, feuilles vertes	3,35	0,68	4,00	119,31	588,23
» feuilles étiolées	4,52	0,65	2,28	50,44	350,76
Laitue romaine, feuilles vertes	5,47	1,10	2,38	43,51	216,36
» feuilles étiolées	5,43	0,64	1,26	23,20	196,87
Chicorée frisée, feuilles vertes	5,72	1,17	6,03	105,41	515,38
» feuilles étiolées	6,34	0,72	2,46	38,80	341,66
Chicorée scarole, feuilles vertes	5,01	1,01	2,54	50,69	251,48
» feuilles étiolées	4,63	0,71	1,48	31,96	208,45
Chou, feuilles vertes	8,60	1,64	2,84	33,02	173,17
» feuilles étiolées	7,22	0,72	1,09	15,09	151,38

Ces nouveaux résultats confirment et étendent ceux que nous avons rappelés au commencement de cette Note. Ils apportent la preuve d'un certain parallélisme entre la teneur des feuilles en zinc et leur coloration par la chlorophylle : dans une même plante, une laitue ou un chou, par exemple, il y a de deux à trois fois plus de zinc dans les feuilles vertes extérieures que dans les feuilles jaunes intérieures; entre des feuilles étiolées artificiellement, comme celles de l'endive et de la barbe de capucin, et des feuilles d'un vert foncé, comme celles de l'oseille, de l'épinard, du pissenlit ou du cresson, les différences peuvent être plus grandes encore, elles peuvent aller de un à dix.

Cette sorte de parallélisme est maintenant aussi bien établi que celui qui existe entre le pigment assimilateur et le manganèse [1]. On peut logiquement se demander si les métaux en question interviennent dans la production de la chlorophylle ou dans quelques processus dont elle serait le promoteur.

---

[1] GAB. BERTRAND et Mme ROSENBLATT, *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 1405 et 2247.

ÉLECTRONIQUE. — *Sur la densité de l'énergie dans la théorie de la lumière.* Note (¹) de M. **Louis de Broglie**.

Dans quelques Notes présentées l'an dernier (²), nous avions tenté de suggérer une théorie du champ électromagnétique lumineux en assimilant le photon à un électron de Dirac qui aurait une charge et une masse propre nulles. En continuant dans cette voie, on rencontre beaucoup de difficultés. Une partie de ces difficultés proviennent de la forme que la théorie électromagnétique adopte pour la densité de l'énergie (somme des carrés des deux champs), forme qui est difficile à mettre en accord avec les principes de la théorie quantique. Cette forme a, en effet, conduit les physiciens qui ont essayé de développer une théorie quantique du champ électromagnétique dans le vide à assimiler ce champ à un ensemble d'oscillateurs harmoniques alors que les idées de base de la Mécanique ondulatoire indiquent avec évidence qu'à un photon en mouvement rectiligne et uniforme doit correspondre une onde Ψ plane monochromatique. Personnellement, nous avons toujours pensé que l'expression classique de la densité d'énergie électromagnétique ne pouvait pas être transposée telle quelle dans les théories quantiques et nous avions remarqué que cette expression classique présente une certaine analogie avec l'expression de l'énergie d'un corpuscule *à l'approximation newtonienne*. Un travail récent de M. Born a de nouveau attiré notre attention sur ce point et, sans prétendre donner ici une théorie complète, nous voudrions indiquer un schéma de formules se rattachant à cette idée.

Considérons un corpuscule (photon) dont l'onde Ψ obéisse à une équation de la forme de Dirac

$$(1)\qquad \frac{1}{c}\frac{\partial\Psi}{\partial t}=\left(\frac{\partial}{\partial x}\alpha_1+\frac{\partial}{\partial y}\alpha^2+\frac{\partial}{\partial z}\alpha_3\right)\Psi+\varkappa a\,\alpha_4\Psi,$$

où les α_i sont les matrices bien connues de la théorie de Dirac et où $\varkappa$ désigne la constante $h/2\pi i$. Le dernier terme de (1) peut être considéré soit comme traduisant l'existence d'une masse propre a/c, soit comme exprimant une interaction entre le photon et la matière présente s'il y en a.

(¹) Séance du 27 novembre 1933.

(²) *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 536 et 577.

Nous poserons

(2) $$\frac{\partial}{\partial x}\alpha_1 + \frac{\partial}{\partial y}\alpha_2 + \frac{\partial}{\partial z}\alpha_3 = (\vec{\alpha}.\overrightarrow{\text{grad}}) = \text{div}\,\vec{\alpha} = \sqrt{\Delta},$$

car cet opérateur appliqué deux fois de suite est équivalent à l'opérateur Laplacien en vertu des propriétés des matrices α_i.

Nous écrirons donc

(3) $$\frac{1}{c}\frac{\partial\Psi}{\partial t} = \sqrt{\Delta}\Psi + \varkappa a \alpha_4 \Psi = \frac{\varkappa}{c}\text{H}\Psi,$$

H étant par définition l'opérateur Hamiltonien. Nous appellerons le premier terme du second membre le terme cinétique et le deuxième terme du second membre le terme potentiel.

Au corpuscule considéré, nous allons essayer de faire correspondre un champ électromagnétique. Pour cela, nous ferons correspondre aux potentiels classiques les opérateurs suivants

(4) $$\text{A}_1 = -\text{K}\alpha_1, \qquad \text{A}_2 = -\text{K}\alpha_2, \qquad \text{A}_3 = -\text{K}\alpha_3, \qquad \text{V} = \text{K}.1,$$

où K est une constante numérique pour l'instant indéterminée.

Introduisons les opérations de spin :

(5) $$\sigma_1 = i\alpha_2\alpha_3, \qquad \sigma_2 = i\alpha_3\alpha_1, \qquad \sigma_3 = \alpha_1\alpha_2, \qquad \sigma_4 = i\alpha_1\alpha_2\alpha_3$$

et définissons les potentiels de seconde espèce :

(6) $$\vec{\text{A}}' = \text{K}\vec{\sigma}, \qquad \text{V}' = \text{K}\sigma_4.$$

Ceci posé, par analogie avec la théorie classique, nous prenons comme opérateurs correspondant aux champs :

(7) $$\vec{\mathcal{H}} = -\text{K}\frac{1}{i}\text{rot}\,\vec{\alpha}, \qquad \vec{\mathcal{E}} = \text{K}\left(-\overrightarrow{\text{grad}} + \vec{\alpha}\sqrt{\Delta}\right),$$

ce qu'on peut aussi écrire

(8) $$\vec{\mathcal{H}} = \text{K}\left(-\overrightarrow{\text{grad}}\,\sigma_4 + \vec{\sigma}\sqrt{\Delta}\right), \qquad \vec{\mathcal{E}} = \text{K}\frac{1}{i}\text{rot}\,\vec{\sigma}.$$

Supposons maintenant que le terme potentiel dans (1) soit nul ou du moins négligeable devant le terme cinétique, l'équation (3) se réduit à

(9) $$\frac{1}{c}\frac{\partial\Psi}{\partial t} = \sqrt{\Delta}\,\Psi$$

et l'on vérifie de suite les relations de Lorentz pour les deux sortes de potentiel :

$$(10)\qquad \left(\frac{1}{c}\frac{\partial V}{\partial t} + \operatorname{div}\vec{A}\right)\Psi = 0, \qquad \left(\frac{1}{c}\frac{\partial V'}{\partial t} + \operatorname{div} A'\right)\Psi = 0.$$

On trouve aussi aisément les équations de forme Maxwellienne :

$$(11)\qquad \begin{cases} \operatorname{div}\mathcal{E}\Psi = 0, & \left(\frac{1}{c}\frac{\partial \mathcal{E}}{\partial t} - \operatorname{rot}\mathcal{H}\right)\Psi = 0, \\ \operatorname{div}\mathcal{H}\Psi = 0, & \left(\frac{1}{c}\frac{\partial \mathcal{H}}{\partial t} + \operatorname{rot}\mathcal{E}\right)\Psi = 0. \end{cases}$$

Pour une onde plane monochromatique de fréquence, la densité de valeur moyenne de l'énergie est $\Psi^* H \Psi = h\nu . \Psi^*\Psi$, valeur qui est en accord avec l'existence des photons et qu'on ne trouverait pas avec l'expression de forme plus classique $\Psi^* 1/2(\mathcal{E}^2 + \mathcal{H}^2)\Psi$.

Si dans (3) le terme potentiel n'est pas négligeable, les équations (10) et (11) ne sont plus exactes. Nous n'examinerons pas ici les équations qu'on obtient alors. Nous voulons seulement insister sur la forme de l'Hamiltonien.

On a

$$(12)\qquad H = \frac{c}{\varkappa}\sqrt{\Delta} + acx_4,$$

d'où

$$(13)\qquad H^2 = \frac{c^2}{\varkappa^2}\Delta + a^2c^2.$$

Choisissons la constante K telle que

$$(14)\qquad K^2 = -\frac{c}{4a\varkappa^2}.$$

Des définitions (7), on tire alors aisément :

$$(15)\qquad \mathcal{E}^2 = \mathcal{H}^2 = \frac{c}{2\varkappa^2 a}\Delta,$$

d'où

$$(16)\qquad H^2 = a^2c^2\left[1 + \frac{1}{ac}(\mathcal{E}^2 + \mathcal{H}^2)\right].$$

Si le terme *ac* est très grand par rapport aux autres, on obtient :

$$(17)\qquad H = ac\sqrt{1 + \frac{1}{ac}(\mathcal{E}^2 + \mathcal{H}^2)} \simeq ac + \frac{1}{2}(\mathcal{E}^2 + \mathcal{H}^2)$$

et nous voyons apparaître la forme classique $1/2(\mathcal{E}^2 + \mathcal{H}^2)$ comme une sorte d'approximation Newtonienne.

Nous n'attachons pas beaucoup d'importance aux formules développées dans cette Note sur la base assez incertaine de l'équation (1). L'essentiel à nos yeux est l'idée que la forme classique $1/2(\mathcal{E}^2 + \mathcal{H}^2)$ pour la densité de l'énergie électromagnétique pourrait être une forme approximative comme l'est la forme $1/2mv^2$ de l'énergie cinétique dans la Dynamique relativiste.

M. **H. Perrier de la Bathie** fait hommage à l'Académie des divers opuscules intéressant la flore et les cultures de Madagascar.

ÉLECTIONS.

M. **René Thiry** est élu Correspondant pour la Section de Mécanique par 23 suffrages contre 9 à M. *Jean Le Roux*, 3 à M. *Robert d'Adhémar* et 3 à M. *Albert Thuloup*.

Par l'unanimité de 40 suffrages, M. **E. Leclainche** est élu Membre du Conseil supérieur d'Hygiène publique de France en remplacement de M. *E. Roux*, décédé.

CORRESPONDANCE.

L'**Association Canadienne Française pour l'Avancement des sciences**, à Montréal, adresse l'expression de ses sentiments de condoléance à l'occasion du décès de M. *P. Painlevé*.

La **Sociedad Cientifica Argentina** adresse l'expression de ses sentiments de condoléance à l'occasion du décès de MM. *P. Painlevé*, *A. Calmette* et *E. Roux*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Mme A. Hée. *Étude des battements électriques. Application à la séismologie et à l'étude des constantes diélectriques. — La fréquence des tremblements de terre en Algérie.*

2° Etsujiro Sunamoto. *L'Éléphant* (en langue japonaise).

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *La distribution limite de la plus grande valeur parmi les plus petites*. Note de M. **E. J. Gumbel**, présentée par M. Émile Borel.

Pour une distribution initiale illimitée à gauche $w(x)$ et pour N observations, la distribution $\mathfrak{w}_N$ de la plus petite valeur est

$$\mathfrak{w}_N = N(1-W)^{N-1}w$$
$$(1) \qquad = -\frac{d}{dx}(1-W)^N,$$

où W est la probabilité d'une valeur inférieure à x. La distribution de la plus grande valeur parmi les m plus petites [1] est donc

$$(2) \qquad \mathfrak{w}_{N-m+1} = -\binom{N-1}{m-1}\left(\frac{W}{1-W}\right)^{m-1}\frac{d}{dx}(1-W)^N.$$

Le mode de cette distribution sera calculé par

$$(3) \qquad W(\tilde{u}_{N-m+1}) = \frac{m}{N},$$

pourvu qu'on ait vers le commencement de la distribution initiale

$$(4) \qquad \frac{w'}{w} = \frac{w}{W}.$$

Cherchons une forme plus simple de la distribution (2) pour de très grandes valeurs de N et des valeurs de $m \ll N$. Développons d'abord W autour du mode. On aura par le procédé déjà employé [2]

$$(5) \qquad W(x) = \frac{m}{N} + \frac{m}{N}(x-\tilde{u}_{N-m+1})\frac{N}{m}w(\tilde{u}_{N-m+1}) + \frac{m}{N}\frac{(x-\tilde{u}_{N-m+1})^2}{2!}w^2(\tilde{u}_{N-m+1})\frac{N^2}{m^2}+\ldots,$$

d'après (3) et (4). Ce sont les trois premiers termes du développement de

$$(6) \qquad V(x) = \frac{m}{N}e^{(x-\tilde{u}_{N-m+1})\frac{N}{m}w(\tilde{u}_{N-m+1})},$$

---

(1) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 965.
(2) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 1082.

pourvu qu'il soit légitime de poser approximativement

$$\mathfrak{w}^{(\nu-1)}(\tilde{u}_{N-m+1}) = \frac{\mathfrak{w}^{\nu}(\tilde{u}_{N-m+1})}{W^{\nu-1}(\tilde{u}_{N-m+1})}. \tag{7}$$

La formule (4) n'est que le cas particulier de (7) pour $\nu = 2$.

Nous aurons donc approximativement $[1 - W(x)]^N = e^{-me^{my}}$; en introduisant la nouvelle variable ${}_m y$ par la transformation *finale*

$${}_m y = \frac{N}{m}\mathfrak{w}(\tilde{u}_{N-m+1})(x - \tilde{u}_{N-m+1}). \tag{8}$$

On aura

$$-\frac{d}{dx}(1 - W)^N = N\mathfrak{w}(\tilde{u}_{N-m+1})\, e^{_m y - m e^{_m y}}. \tag{9}$$

En appliquant la même approximation au premier membre de (2) on obtient

$$\binom{N-1}{m-1}\left(\frac{W}{1-W}\right)^{m-1} = \frac{m^{m-1}}{(m-1)!}\, e^{(m-1)_m y},$$

puisque W est très petite vis-à-vis de 1.

Donc, la forme limite de la distribution de la plus grande valeur parmi les m plus petites sera

$$\mathfrak{w}_{N-m+1} = \frac{m^m}{(m-1)!}\,\frac{N}{m}\,\mathfrak{w}(\tilde{u}_{N-m+1})\, e^{m_m y - m e^{_m y}}, \tag{10}$$

où le mode $\tilde{u}_{N-m+1}$ et la probabilité $\mathfrak{w}_{N-m+1}(\tilde{u}_{N-m+1})$ de la distribution (2) sont conservés. Pour $m = 1$ on obtient la distribution finale de la plus petite valeur

$$\mathfrak{w}_N = N\mathfrak{w}(\tilde{u}_N)\, e^{_1 y - e^{_1 y}}, \tag{11}$$

Les courbes (10) sont asymétriques. Elles descendent à droite plus vite qu'à gauche. Le calcul de ces valeurs est des plus simple puisque les courbes sont contenues dans des intervalles assez étroits qui se resserrent très vite pour des valeurs croissantes de m. Toutes ces formules sont en stricte analogie avec les formules que nous avons trouvées pour la distribution de la moindre valeur parmi les plus grandes, dont elles peuvent être dérivées en changeant y_m avec $-{}_m y$. Pour les distributions initiales symétriques les distributions des plus petites valeurs parmi les plus grandes et les distributions des plus grandes valeurs parmi les plus petites sont donc simplement symétriques par rapport à l'axe des ordonnées.

GÉOMÉTRIE. — *Sur la théorie des constructions cubiques.* Note [1] de M. **Richard Obláth**, présentée par M. Élie Cartan.

Nous allons établir le théorème suivant :

Théorème. — *Chaque construction cubique (et biquadratique) est effectuable par un seul rectangle mobile, si nous repérons un point quelconque Q_2 sur un de ses côtés, et le milieu de la distance Q_1Q_2, où Q_1 désigne le sommet du rectangle.*

L'essentiel de ce théorème est l'énoncé qu'*un* seul rectangle suffit, car il est connu que les problèmes cubiques peuvent se construire par deux rectangles [2].

Puisqu'on ramène la résolution de l'équation biquadratique, et celle de l'équation cubique générale, à l'équation réduite

$$b_3u^3 + b_1u + b_0 = 0, \tag{1}$$

par des pas n'exigeant que des constructions linéaires et quadratiques, qui sont faciles à exécuter par le rectangle seul, nous nous bornons à résoudre cette équation (1). Notre théorème est donc complètement démontré, si nous réussissons à construire les racines de (1) en n'utilisant que les moyens susmentionnés.

Puisque au cas d'une équation effectivement cubique, $b_0 \neq 0$, il est permis de diviser par b_0 ; il suffit de considérer l'équation

$$a_3u^3 + a_1u + 1 = 0. \tag{1 a}$$

Son terme absolu positif ne spécialise point cette équation, parce que les signes des autres termes en restent arbitraires. Chaque construction cubique, ou biquadratique, dépend donc de la résolution d'une équation de la forme (1 *a*). C'est notre tâche de construire ses racines par notre instrument.

Le sommet du rectangle soit Q_1, nous marquons sur un de ses côtés la distance Q_1Q_2, dont le milieu soit Q. Sans nuire à la généralité, on peut considérer [3] la distance Q_1Q_2 comme l'unité, $Q_1Q_2 = 1$. Dessinons maintenant un système de coordonnées rectangulaires, dont l'origine soit O,

---

[1] Séance du 27 novembre 1933.

[2] Lill, *Nouv. Ann. de Math.*, 2e série, 6, 1867, p. 359; Adler, *Sitz. Ber. math. natw. Cl. Akad. Wien*, 99, 1890, p. 860. Voir aussi les Rapports Adler, *Th. d. geom. Konstr.*, Leipzig, 1906, p. 259; Vahlen, *Konstr. u. Approx.*, Leipzig, 1911, p. 141; Kubota, *Jahresber. d. deutsch. Math. Ver.*, 37, 1928, p. 71.

[3] Par exemple par la construction de Kürschák (*Math. Ann.*, 55, 1902, p. 597).

et mesurons l'unité sur l'axe des x et sur l'axe des y, l'une et l'autre dans le sens positif, cela donne les points E_1, F_1, le milieu de OE_1 soit E; nous continuons par mesurer la distance $= 1/2$ dans le sens négatif sur l'axe des x pour arriver au point E_0. On a donc $E_0O = OE = EE_1 = 1/2 = Q_1Q$ et $OF_1 = 1$. Dans le point E nous menons la perpendiculaire e à l'axe des abscisses. Or, traçons la droite

$$(1) \qquad (a_1 - a_3)x + y + a_3 = 0.$$

Toutes ces lignes et distances sont faciles à obtenir par notre rectangle seul.

Cela posé, mouvons le rectangle de façon que le point Q_2 reste constamment sur la droite C, tandis que l'autre côté du rectangle passe toujours par le point E_0. Les positions du point Q qui, durant le mouvement, sont situées sur la droite (1), soient P_1, P_2, P_3. Menons par la suite une parallèle du point F_1 à l'axe des x, qui coupe les lignes OP_1, OP_2, OP_3 respectivement en U_1, U_2, U_3. Si nous posons $F_1U_1 = u_1$, $F_1U_2 = u_2$, $F_1U_3 = u_3$, les racines cherchées de l'équation (1 a) seront u_1, u_2, u_3.

La vérification de cette construction est basée sur quelques théorèmes connus, surtout sur celui du développement organique de la cissoïde de Newton [1], en vertu duquel le lieu du point Q est la cissoïde

$$x = \frac{1}{1+\lambda^2}, \qquad y = \frac{1}{\lambda(1+\lambda^2)},$$

dont les intersections avec la droite (1) résultent de l'équation (1a), comme le montre un simple calcul [2]. Les racines de cette équation sont en effet les valeurs du paramètre dans les points communs de la droite (1) et de la cissoïde (2). Si nous observons la relation évidente $\lambda = x/y$ tirée du système (2), nous trouvons en effet qu'on a

$$u_1 = \lambda_1, \qquad u_2 = \lambda_2, \qquad u_3 = \lambda_3,$$

c'est-à-dire chaque équation cubique détermine les points d'intersection d'une cissoïde et d'une droite.

Nous venons donc de résoudre tous les problèmes cubiques et biquadratiques par un rectangle. C. Q. F. D.

---

(1) Voir par exemple Loria, *Spezielle Kurven*, **1**, 2e édition, Leipzig, 1910, p. 39; Teixeira, *Obras sobre Math.*, **4**, Coimbra, 1908; *Traité des courbes spéc. remarq.*, p. 10.

(2) London, *Ztschrift f. Math. u. Phys.*, **41**, 1896, p. 149-151.

THÉORIE DES GROUPES. — *Sur le nombre de générateurs d'un groupe linéaire borné.* Note (¹) de M. **H. Auerbach**, présentée par M. Élie Cartan.

Théorème. — *Soit* G *un groupe linéaire continu, borné et connexe. Dans tout voisinage de l'élément unité il existe deux générateurs du groupe* G, *c'est-à-dire deux éléments constituant un sous-groupe dénombrable partout dense.*

Ce théorème contient le théorème II de ma Communication précédente (²). Il a été proposé par M. J. Schreier dans le cas particulier du groupe orthogonal.

Démonstration. — D'après les résultats importants de M. J. v. Neumann (³) G est un groupe réel de Lie. De plus, étant borné, il se décompose en un groupe semi-simple unitaire G_1 et un certain nombre de groupes du premier ordre (⁴). Nous allons considérer d'abord le groupe G_1.

Désignons par U une matrice infinitésimale réelle générale (⁵) du groupe G_1 et par T la matrice correspondante de son groupe adjoint. Dans la décomposition de l'espace des paramètres déterminée par la matrice T, les vecteurs appartenant à la racine zéro forment un sous-groupe abélien γ_1 admettant une base réelle, tandis qu'à toute racine $\alpha \neq 0$ appartient un vecteur et un seul $e_\alpha \neq 0$ tel que $\mathrm{T}e_\alpha = \alpha e_\alpha$ (⁶). Les racines α étant conjuguées deux à deux on peut supposer que les vecteurs e_α le sont aussi.

(¹) Séance du 27 novembre 1933.

(²) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1862.

(³) *Math. Zeitschr.*, 30, 1929, p. 26-27. Voir aussi E. Cartan, *La théorie des Groupes finis et continus et l'*Analysis situs (*Mémorial des Sciences mathématiques*, 42, 1930, p. 22-24).

(⁴) E. Cartan, *Journ. de Math.*, 9ᵉ série, 8, 1929, p. 10-11. Le théorème y est énoncé seulement pour un groupe clos, mais le raisonnement de M. Cartan repose uniquement sur le fait que la forme $\varphi(e)$ est définie ou semi-définie négative. Or cela a lieu dans le cas actuel, puisque toute racine de l'équation caractéristique de la matrice adjointe à une matrice infinitésimale est égale à la différence de deux racines caractéristiques de celle-ci (L. Maurer, *Münch. Ber.*, 1894, p. 305), lesquelles sont toutes purement imaginaires (E. Cartan, *loc. cit.*, 5).

(⁵) Un élément du groupe infinitésimal est dit *réel*, lorsqu'il correspond à un point réel de l'espace des paramètres. L'élément s'appelle *général*, si la matrice correspondante du groupe adjoint admet le plus grand nombre possible de racines caractéristiques différentes.

(⁶) Voir E. Cartan, *Thèse* (Paris, Vuibert, 1933), p. 55, ou H. Weyl, *Math. Zeitschr.*, 24, 1926, p. 364-366.

Posons

$$e = \Sigma e_\alpha, \qquad e_1 = \mathrm{T}e = \Sigma \alpha e_\alpha, \qquad \ldots, \qquad e_{p-1} = \mathrm{T}^{p-1} e = \Sigma \alpha^{p-1} e_\alpha,$$

p étant le nombre des racines $\alpha \neq 0$. Ces vecteurs sont réels et indépendants. Les matrices correspondantes V, V_1, ..., V_{p-1} du groupe infinitésimal forment avec celles de la base du sous-groupe γ_1 une base réelle du groupe G_1.

Le groupe infinitésimal composé du groupe γ_1 et des groupes du premier ordre, s'il y en a, engendre un groupe continu abélien et borné H. Or, pour un tel groupe, il existe toujours un seul générateur aussi peu différent de l'élément unité qu'on le veut (1). Soient donc A un générateur du groupe H et B un générateur du groupe $e^{t\mathrm{V}}$, tous les deux étant choisis dans le voisinage donné de l'élément unité. Le plus petit groupe clos, contenant les éléments A, B, est un groupe de Lie qui contient le groupe H et admet les matrices infinitésimales U, V. Il admet par conséquent toutes les matrices infinitésimales de la base du groupe G_1 précédemment formée, ainsi que celles des groupes du premier ordre. C'est donc le plus petit groupe clos contenant G.

MÉCANIQUE. — *Sur l'établissement de l'équation de Schrödinger.* Note de M. **René Dugas**, présentée par M. Lecornu.

La plupart des exposés de mécanique ondulatoire introduisent l'équation de Schrödinger à partir de la dynamique ordinaire du point matériel; ils établissent ensuite la forme relativiste de cette équation à l'aide d'une généralisation fondée sur l'emploi d'opérateurs symboliques.

Il est facile d'obtenir par la seule considération de l'équation de Jacobi un résultat à la fois plus direct et plus général.

Soient en effet $ds^2 = g_{ik}\,dx_i\,dx_k\,(i, k = 1, 2, 3)$ l'élément linéaire de l'espace, $\mathrm{U}(x_1, x_2, x_3)$ la fonction des forces, $2\mathrm{T}$ la force vive généralisée (2), $m(\mathrm{T})$ la fonction caractérisant la variabilité de la masse, $\mathrm{J}(\mathrm{U}+\mathrm{E})$ l'intégrale $\int m(\mathrm{T})\,dt$ où l'on a fait la snbstitution $\mathrm{T} = \mathrm{U} + \mathrm{E}$. On suppose donc que le théorème des forces vives est vérifié, E est la constante d'énergie.

(1) La démonstration de ce théorème sera publiée dans les *Studia Mathematica*, 4.

(2) *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 547 et 1799.

L'équation de Jacobi pour un point matériel $m(T)$ est donc :

$$(1) \qquad g^{ik}\frac{\partial V}{\partial x_i}\frac{\partial V}{\partial x_k} = 2J(U+E) \quad \text{avec} \quad \frac{\partial V}{\partial t} = -E.$$

Si en chaque point d'une surface $V(x_1, x_2, x_3, t) = \text{const.}$ on se déplace sur la normale avec la vitesse

$$(2) \qquad u = -\frac{\frac{\partial V}{\partial t}}{\operatorname{grad} V} = \frac{E}{\sqrt{2J(U+E)}},$$

on parvient au bout du temps dt sur une surface où l'action a conservé sa valeur initiale.

L'hypothèse essentielle de la mécanique ondulatoire consiste à considérer cette vitesse u comme la vitesse de propagation d'une onde ψ :

$$(3) \qquad \Delta\psi = \frac{1}{u^2}\frac{\partial^2\psi}{\partial t^2} = \frac{2J(U+E)}{E^2}\frac{\partial^2\psi}{\partial t^2}.$$

Δ est le laplacien dans l'espace d'élément ds^2, qu'il est inutile d'expliciter.

On suppose, en outre, que la fréquence des ondes répond à la loi de Planck $E = h\nu$ et que les ondes sont sinusoïdales. L'équation de Schrödinger est alors :

$$(4) \qquad \Delta\psi + \frac{8\pi^2}{h^2}J(U+E)\psi = 0.$$

Dans le cas particulier de la dynamique ordinaire,

$$J(U+E) = m_0(U+E).$$

Dans le cas particulier de la relativité restreinte,

$$J(U+E) = m_0(U+E) + \frac{(U+E)^2}{2c^2},$$

on retrouve ainsi les équations connues ([1]).

D'une manière générale, si la masse est une fonction de degré p de la force vive généralisée, l'équation de Schrödinger est de degré $p+1$ en $U+E$.

On sait qu'historiquement L. de Broglie a introduit la mécanique ondu-

---

([1]) D'une manière précise on obtient ici l'équation relativiste sous la forme donnée par M. E. Bloch (*L'ancienne et la nouvelle théorie des quanta*, 1930, p. 278), car E diffère de m_0c^2 de l'énergie totale relativiste.

latoire dans le cas d'un point matériel libre, suivant la dynamique de la relativité restreinte.

A un paquet d'ondes stationnaire dans le système propre correspondent, dans un autre système de référence animé d'une translation uniforme par rapport au premier, des ondes planes dont L. de Broglie a déduit les relations essentielles de la nouvelle mécanique. En fait les travaux de Schrödinger ont révélé que la dynamique classique elle-même comportait une extension ondulatoire. L'exposé qui précède n'a d'autre objet que de montrer que la dynamique ordinaire, celle de la relativité restreinte et d'une manière générale la dynamique de masse variable, extension immédiate de la première qui comprend en particulier la seconde, se présentent d'une manière absolument homogène au regard de la mécanique ondulatoire. Un retour de (4) à l'équation de Jacobi montre en effet que, du point de vue analytique, la nouvelle mécanique entraîne essentiellement l'introduction d'un facteur de la forme $(hi/2\pi)\Delta V$ dans l'équation de Jacobi.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Sur les conséquences possibles de l'emploi, dans les moteurs, de carburants à haute valeur antidétonante.* Note de MM. **Bonnier** et **Moynot**, présentée par M. E. Jouguet.

On sait que la substitution, dans un moteur à explosions, d'un carburant très indétonant à un carburant détonant produit, toutes choses égales d'ailleurs, et entre autres effets, une modification du bilan thermique. La chaleur évacuée par les parois diminue, tandis que la chaleur évacuée par l'échappement augmente. Il peut ainsi en résulter des troubles de fonctionnement, principalement aux soupapes.

Pour préciser ces notions, nous avons entrepris, à la Station nationale de Bellevue, une série d'expériences sur un moteur à compression variable (le moteur du C. F. R.) de 630^{cm^3} de cylindrée, tournant à 600 t/mn, et refroidi par un mélange d'eau et d'éthylglycol à 150°.

Un couple thermoélectrique était placé dans le collecteur d'échappement, aussi près que possible (7^{cm}) de la tige de la soupape d'échappement, et ce sont les variations de la température qu'il indique que nous avons étudiées en fonction du taux de compression du moteur et de la valeur antidétonante du carburant.

Partant d'une essence de base dont le nombre d'octane était 64 (research method, 150°), et d'un réglage de carburation un peu riche (10 pour 100 d'excès d'essence), nous avons obtenu les résultats suivants :

Carburant.	Nombre d'octane.	Température d'échappement des gaz pour un taux de compression ρ de 3,5.	4.	4,5.	5.	5,5.	6.	6,5.	7.
Essence additionnée de plomb tétraéthyle. — Réglage constant.									
Essence	64	–	516	496	466	434	–	–	–
Ess. + 0,02 % $PbEt^4$	72	–	**530**	515	490	459	–	–	–
Ess. + 0,04 % $PbEt^4$	77	–	530	**517**	498	473	–	–	–
Ess. + 0,06 % $PbEt^4$	79	–	530	517	498	482	–	–	–
Ess. + 0,08 % $PbEt^4$	80	–	529	518	498	482	–	–	–
Ess. + 0,10 % $PbEt^4$	80	–	530	517	498	482	–	–	–
Essence additionnée de benzol. — Réglage constant.									
Essence	64	–	516	496	466	434			
Ess. + 20 % benz.	71	–	529	514	487	458			
Ess. + 40 % benz.	79	–	**539**	527	508	483	–		
Ess. + 60 % benz.	88	–	539	**528**	516	498	466	–	
Ess. + 80 % benz.	97	–	534	528	522	512	**502**	488	
Benzène	–	–	528	522	514	508	500	493	486
Essence additionnée de benzol. — Richesse constante.									
Essence	64	–	516	496	466	434	–		–
Ess. + 20 % benz.	71	–	528	514	487	458	–	–	–
Ess. + 40 % benz.	79	–	**539**	525	508	481	–	–	–
Ess. + 60 % benz.	88	–	540	**530**	518	500	470	–	–
Ess. + 80 % benz.	97	–	543	535	528	**520**	510	498	–
Benzène	–	–	543	536	528	520	514	510	505
Essence additionnée d'éthanol. — Réglage constant.									
Essence	64	494	466	436	405	374	–	–	–
Ess. + 10 % éth.	73	503	489	476	431	397	–	–	–
Ess. + 20 % éth.	83	**525**	515	500	471	432	–	–	–
Ess. + 40 % éth.	–	535	526	520	512	504	**487**	–	–
Ess. + 60 % éth.	–	513	508	498	491	483	474	–	–
Ess. + 80 % éth.	–	499	494	486	480	474	469	464	–
Éthanol	–	507	504	499	492	492	481	477	–
Essence additionnée d'éthanol. — Richesse constante.									
Essence	64	**545**	536	510	474	431	–	–	–
Ess. + 10 % éth.	73	546	**540**	525	499	465	433	–	–
Ess. + 20 % éth.	83	545	540	**531**	518	493	468	446	–
Ess. + 40 % éth.	–	545	538	530	521	**515**	504	491	
Ess. + 60 % éth.	–	545	540	532	524	517	512	**506**	–
Ess. + 80 % éth.	–	542	539	531	524	517	512	507	497
Éthanol	–	540	536	526	518	510	503	491	466

N. B. — Les nombres en caractères gras indiquent la disparition approximative de la détonation.

Dans leur ensemble, ces résultats se représentent schématiquement suivant le diagramme ci-dessous, dont l'examen conduit aux observations et conclusions ci-après :

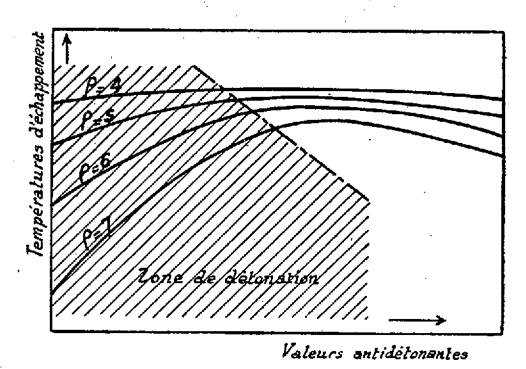


Diagramme schématique de la variation des températures d'échappement avec la valeur antidétonante du carburant.

1° Dans la zone où la détonation est perceptible à l'oreille, la température d'échappement croît avec la valeur antidétonante du carburant, et d'autant plus vite que le taux de compression est plus élevé;

2° Hors de cette zone, c'est-à-dire quand la détonation a pratiquement cessé, la température d'échappement demeure pratiquement invariable;

3° La température décroît naturellement si l'on élève le taux de compression, et d'autant plus vite que le carburant est plus détonant.

On peut en conclure que l'adoption de carburants à haute valeur antidétonante n'a pas le même effet sur tous les moteurs :

Sur un moteur qui est normalement en régime de détonation (comme c'est le cas pour beaucoup de moteurs d'aviation), le changement de carburant produira une élévation des températures d'échappement.

Sur les moteurs moins poussés, et peu ou pas sujets à la détonation (moteurs d'automobile ordinaires) la variation des températures d'échappement est beaucoup moins sensible.

Ces conclusions ont été vérifiées, pour les moteurs d'aviation, par le dépouillement des résultats d'essais faits à Chalais-Meudon et publiés par M. Champsaur (Publications techniques du Ministère de l'Air), pour les moteurs d'automobile, par des essais au banc effectués à Bellevue.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur les intégrales uniformes du problème des trois corps.* Note de M. **Jean Chazy**, présentée par M. Ernest Esclangon.

On énonce souvent un théorème célèbre de Poincaré en disant que le problème des trois corps n'admet pas d'autre intégrale uniforme que des combinaisons des intégrales des forces vives et des aires, sans ajouter en fonction de quelles variables et quel domaine l'intégrale est supposée uniforme. Précisons l'énoncé de Poincaré.

Considérons les coordonnées cartésiennes ξ, η, ζ de la masse m_3 par rapport au centre de gravité des masses m_1 et m_2, les coordonnées x, y, z de la masse m_2 par rapport à la masse m_1, et supposons que les deux mouvements osculateurs correspondants soient elliptiques : les intégrales qui se ramènent aux quatre intégrales classiques sont les intégrales qui sont fonctions analytiques des dix élememts a, e, i, ϖ, Ω de ces deux mouvements osculateurs, qui sont d'autre part fonctions périodiques et holomorphes de $-\infty$ à $+\infty$ des deux anomalies moyennes, et enfin fonctions holomorphes des masses au voisinage de la valeur zéro des masses m_2 et m_3.

Si l'on imagine que l'on représente les douze variables ξ, η, ζ, x, y, z, ξ', η', ζ', x', y', z' dans l'espace à douze dimensions, il résulte du théorème de Poincaré qu'il ne peut exister, en outre des combinaisons des intégrales des forces vives et des aires, et pour des valeurs arbitraires des masses, d'intégrale uniforme par rapport à ces douze variables dans la région où sont représentés deux faisceaux, si déliés soient-ils, de mouvements osculateurs elliptiques : car, par substitution des expressions classiques des coordonnées et des vitesses en fonction des éléments elliptiques, on déduirait une intégrale qui mettrait en défaut l'énoncé précédent. Mais le théorème de Poincaré ne s'oppose pas à ce qu'en dehors des intégrales classiques, il existe des intégrales uniformes dans une autre région de l'espace à deux dimensions. Et effectivement j'ai obtenu de telles intégrales.

Par suite encore, si l'on dit qu'en dehors des intégrales classiques et en fonction des douze mêmes variables, une intégrale ne peut être uniforme dans tout l'espace à douze dimensions, on réduit la précision du théorème de Poincaré : Painlevé à étendu dans une autre direction le théorème ainsi réduit en montrant que l'intégrale considérée ne peut pas même être fonction uniforme des six dérivées ξ', η', ζ', x', y', z', dans tout l'espace à six dimensions. Donc ce théorème complémentaire de Painlevé ne peut

s'opposer non plus à l'existence d'intégrales définies et uniformes dans une partie seulement de l'espace à douze dimensions, comme celles que je vais indiquer.

Dans des travaux antérieurs, j'ai montré que l'espace à douze dimensions est divisé par les trajectoires du problème des trois corps en cinq régions déterminées comme il suit, si l'on écarte les mouvements aboutissant à un choc des trois corps. La région extérieure ou hyperbolique est remplie par les trajectoires sur lesquelles, quand le temps croît indéfiniment dans l'un et l'autre sens, les trois distances mutuelles sont des infiniment grands d'ordre 1 par rapport au temps. Trois autres régions sont remplies par les trajectoires sur lesquelles deux distances mutuelles sont des infiniment grands d'ordre 1 par rapport au temps, et la troisième, la même dans une même région, est finie. La cinquième région est remplie par les trajectoires sur chacune desquelles et dans chaque sens, ou bien les trois distances mutuelles sont bornées, ou bien tantôt ces trois distances sont bornées et tantôt deux d'entre elles sont arbitrairement grandes et la troisième est bornée. C'est dans cette cinquième région que sont représentés les couples de mouvements osculateurs elliptiques, et d'une façon générale les mouvements les plus importants dans l'approximation des mouvements planétaires.

En outre, sur chaque trajectoire hyperbolique et quand le temps croît indéfiniment dans l'un et l'autre sens, les six dérivées ξ', η', ζ', x', y', z' tendent vers des limites finies qui sont fonctions analytiques des valeurs à un instaut des douze variables ξ, η, ζ, x, y, z, ξ', η', ζ', x', y', z' : donc les carrés des sommes et les carrés des différences des deux valeurs limites de chaque dérivée sont deux intégrales uniformes dans la région hyperbolique, et définissent chacun une famille de surfaces dont une seule passe en un point arbitraire de cette région. De même, dans la région où la masse m_3 s'éloigne indéfiniment des deux masses m_1 et m_2 restent à distance finie l'une de l'autre, les trois dérivées ξ', η', ζ' et les douze éléments osculateurs, qui finissent par être ici, les uns elliptiques, les autres hyperboliques, tendent sur chaque trajectoire et dans l'un et l'autre sens, vers des limites finies, et chacune de ces quantités définit encore deux intégrales uniformes dans la région considérée.

Parmi les intégrales ainsi définies, celles qui existent à la fois dans cette dernière région et dans la région hyperbolique déterminent dans la région totale une famille de surfaces dont une seule passe en un point arbitraire. Et les surfaces séparant les cinq régions de trajectoires se retrouveut

comme surfaces particulières parmi les surfaces obtenues. On constate d'ailleurs que les intégrales correspondant à ces surfaces de séparation ne se réduisent pas à des combinaisons des intégrales des forces vives et des aires.

Ajoutons que, contrairement au théorème de Poincaré, le théorème de Bruns s'applique aux intégrales que nous venons de définir : si l'une de ces intégrales ne se réduit pas à une combinaison des quatre intégrales classiques, elle ne peut être fonction algébrique des douze variables considérées, ni même, selon le complément apporté par Painlevé au théorème de Bruns, fonction algébrique seulement des six dérivées $\xi', \eta', \zeta', x', y', z'$. Notamment les surfaces de séparation des cinq régions de trajectoires ne sont pas des surfaces algébriques.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Les lois fondamentales de l'onde de L. de Broglie dans la Gravifique de Th. De Donder.* Note [1] de M. **Jules Géhéniau**, présentée par M. L. de Broglie.

En partant des équations relativistes [2] du mouvement d'un point matériel électrisé, dans un champ *gravifique* $g_{\alpha\beta}$ et *électromagnétique* Φ_α *quelconque*, nous en déduisons les formules fondamentales de L. de Broglie relatives à la vitesse et la fréquence de l'onde de phase, ainsi qu'à la vitesse de groupe de Lord Rayleigh.

1. *Mouvement des points matériels électrisés dans l'espace géométrique* x^1, x^2, x^3. — Soit $S_0 \equiv S_0(x^1, \ldots, x^4, C^1, C^2, C^3)$ une intégrale *complète* de l'équation

$$(1)\quad J^*(S_0) \equiv g^{\alpha\beta}\left(\frac{\partial S_0}{\partial x^\alpha} - \frac{e_0}{c}\Phi_\alpha\right)\left(\frac{\partial S_0}{\partial x^\beta} - \frac{e_0}{c}\Phi_\beta\right) - (m_0 c)^2 = 0 \qquad (\alpha, \beta = 1, \ldots, 4).$$

Le mouvement de toute particule de charge e_0 et de masse au repos m_0 est alors exprimé par

$$(2)\qquad \frac{\partial S_0}{\partial C^i} = C_i^* \qquad (i = 1, 2, 3),$$

$$(3)\qquad -\frac{\partial S_0}{\partial x^i} = p_i \qquad (i = 1, 2, 3),$$

---

[1] Séance du 27 novembre 1933.

[2] Th. De Donder, *Gravifique einsteinienne*, Paris, Gauthier-Villars, 1921, équations (356) à (362), et *Mém. des Sciences math.*, fasc. XIV, Paris, Gauthier-Villars, relations (268) et (270).

où $x^4 \equiv t$ est la variable *temporelle* et où C_i^* sont trois nouvelles constantes d'intégration. On a, en outre (¹),

(4) $$p_i = -mg_{i\alpha} v^\alpha - \Phi_i \frac{e_0}{c} \qquad (i=1, 2, 3),$$

(5) $$-\frac{\partial S_0}{\partial t} \equiv p_4 = -mg_{4\alpha} v^\alpha - \Phi_4 \frac{e_0}{c} \qquad (\alpha = 1, \ldots, 4),$$

où v^i sont les composantes de la vitesse du corpuscule considéré. On a posé

(6) $$m \equiv m_0 \frac{c}{V}, \qquad V^2 \equiv g_{\alpha\beta} v^\alpha v^\beta \qquad \text{et} \qquad v^4 \equiv 1.$$

2. *Onde associée au point matériel électrisé.* — L'élément linéaire de l'espace géométrique sera défini, à tout instant t, par la forme quadratique habituelle

(7) $$(\delta l)^2 \equiv g'_{ij} \delta x^i \delta x^j \qquad (i, j = 1, 2, 3),$$

où $g'_{ij} \equiv -g_{ij}$. Le mineur normé de l'élément g'_{ij} du déterminant $\|g'_{ij}\|$ sera désigné par g'^{ij}. Considérons maintenant l'équation

(8) $$S_0(x^i, t, C^i) = C \qquad (i=1, 2, 3),$$

où S_0 est encore une intégrale complète de (1). Cette équation représente, à chaque instant t et pour tout système de valeurs données aux constantes C_i et C, *une surface d'onde*. Celle-ci se propage dans l'espace x^1, x^2, x^3 avec une vitesse de transport, normale à l'onde,

(9) $$\mathcal{V} = -\frac{\partial S_0}{\partial t} : \sqrt{g'^{ij} \frac{S_0}{\partial x^i} \frac{\partial S_0}{\partial x^j}}.$$

Grâce à (4), (5) et (6), et en posant

(10) $$p \equiv \sqrt{g'^{ij} p_i p_j}, \qquad H \equiv -p_4,$$

la formule (9) devient

(12) $$\boxed{\mathcal{V} = \frac{H}{p}.}$$

Dans un champ de Minkowski dépourvu de champ électromagnétique, ou pour une particule non électrisée, on retrouve, à partir de (11), la première formule fondamentale de L. de Broglie :

(12) $$\mathcal{V} . v = c^2, \qquad \text{où} \quad v \equiv \sqrt{g'_{ij} v^i v^j}.$$

(¹) *Loc. cit.*

3. *Fréquence et longueur d'onde de l'onde associée.* — La fonction H représente la valeur absolue de l'énergie totale du corpuscule. Nous pouvons donc définir la *fréquence* ν et la *longueur d'onde* λ de l'onde associée en posant

(13) $$H \equiv h\nu \quad \text{et} \quad \mathcal{V} \equiv \lambda\nu,$$

où h est la constante de Planck. De (11) et (13) on tire

(14) $$\boxed{\lambda = h/p.}$$

Lorsque les potentiels g_{i4}, Φ_i sont identiquement nuls, on déduit de (14), grâce à (12) et (4), la formule de L. de Broglie, à savoir $\lambda = h/mv$.

Remarques. — *a*. On peut exprimer H en fonction des variables canoniques x^i, p_i et de t; on aura alors, en vertu des équations canoniques du mouvement du corpuscule étudié,

(15) $$\frac{dH}{dt} = \frac{\partial H}{\partial t} + \frac{\partial H}{\partial p_i}\frac{dp_i}{dt} + \frac{\partial H}{\partial x^i}\frac{dx^i}{dt} = \frac{\partial H}{\partial t}.$$

Il en résulte, grâce à (13), que v sera un invariant le long de la trajectoire de la particule, si $\partial\nu/\partial t \equiv 0$.

b. Faisons $g_{i4} \equiv 0$. Le calcul montre alors qu'on a, pour la *vitesse de groupe u de Lord Rayleigh*,

(16) $$\boxed{\frac{1}{u} \equiv \frac{\partial\lambda^{-1}}{\partial\nu} = \frac{m}{p} - \frac{e_0\Phi_i v^i}{pc}.}$$

Dans le cas où les Φ_i sont identiquement nuls, on déduit de (16) que $u = v$.

CHALEUR. — *Mesure absolue des coefficients de conductibilité thermique des gaz*. Note de M. **Pierre Vernotte**, présentée par M. A. Cotton.

On sait que la principale difficulté de cette mesure réside dans les phénomènes de convection qui accompagnent un phénomène de conduction dans les gaz, la convection naturelle elle-même passant pour un phénomène mal défini.

En réalité, nous avons trouvé que dans ces études aérodynamiques, les mesures devenaient très concordantes moyennant certaines précautions essentielles, mais fort simples : températures aussi uniformes que possible

pour les corps qui échangent de la chaleur, enceintes rigoureusement closes vers le haut lorsque les corps sont plus chauds que le milieu ambiant, et simplicité du dispositif géométrique.

Ces précautions ont leur pleine efficacité dans la mesure du coefficient de conductibilité si l'on utilise d'autre part une méthode de principe judicieux. Or, pour des raisons trop complexes qu'on ne peut analyser ici, les méthodes de régime permanent sont d'une application très pénible et risquée, dans le cas des isolants, et la méthode de choix est alors une méthode de régime variable : on mesure la constante de temps du refroidissement d'un corps de capacité calorifique connue, isolé par la résistance calorifique à mesurer. D'où la description de notre appareil :

Le corps chauffé est un cylindre A vertical de duralumin de 4^{cm} de diamètre et de 15^{cm} de longueur, qu'un enroulement intérieur, en très bon contact avec lui, permet de porter en quelques minutes, à une température supérieure d'une quinzaine de degrés à celle de son enceinte; et cette enceinte est un bloc cylindrique B, de même substance, dont les parois ont 15^{mm} d'épaisseur, qui enveloppe complètement le corps A. Des cales, disposées de manière à n'avoir qu'une conductance insignifiante, maintiennent les deux corps séparés par une distance constante d'un demi-millimètre environ.

Le refroidissement de A échauffe un peu B, qui finit par se refroidir dans l'air ambiant. La théorie de l'expérience n'offre aucune difficulté, mais il serait assez pénible d'en déduire numériquement la résistance R de la couche d'air. Il est beaucoup plus immédiat d'opérer de la manière suivante :

La capacité calorifique de A étant C, si, de part et d'autre de la température V, A se refroidit, en Δt secondes, de ΔV degrés, l'enceinte étant à la température moyenne W, on a, en écrivant que la chaleur passe du corps chaud à l'enceinte,

$$C\,\Delta V = \frac{V - W}{R}\,\Delta t,$$

d'où la valeur de CR, que l'on déduit de la moyenne de plusieurs observations. Nous avons trouvé, pour l'appareil susvisé, une constante de temps CR d'environ 6 minutes.

La capacité C est connue *a priori :* le mieux est de la déduire de la masse de A, de la composition du duralumin, et de la chaleur spécifique des constituants. R est rattachée au coefficient k de conductibilité (réel ou

apparent) par la formule

$$R = \frac{1}{k}\frac{\varepsilon}{S},$$

S étant la surface d'échange thermique, ε l'épaisseur moyenne de la couche d'air, que l'on a déterminée d'une manière très sûre par la quantité d'huile (de densité connue) nécessaire pour remplir l'espace (A — B).

Nous avons trouvé $k = 5{,}7.10^{-5}$ cal/cm/degr/sec., ce qui est exactement le chiffre le plus récent admis pour la conductibilité de l'air, à 25°C., température de notre expérience.

Malgré sa disposition verticale, notre appareil n'était donc le siège d'aucun phénomène de convection, et par suite il permet la mesure correcte, en valeur absolue, des coefficients de conductibilité. En le rendant parfaitement étanche (ce qui n'offre aucune difficulté), on peut l'utiliser avec n'importe quel gaz.

On remplacerait avec avantage le duralumin par un alliage d'argent à 10 pour 100 de cuivre, tout aussi facile à travailler, et notablement plus conducteur encore.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur le mécanisme de la rectification dans les redresseurs sulfure cuivrique-magnésium.* Note de M. **Michel Anastasiades**, présentée par M. Paul Janet.

Les redresseurs Elkon du commerce présentent des analogies remarquables avec le système redresseur que nous avons étudié dans une Note précédente [1].

Un élément du redresseur Elkon est constitué par un disque de CuS (poudre fortement pressée et chauffée) en contact avec la face oxydée d'un disque de Mg. L'ensemble du redresseur présente la série des contacts suivants :

Pb/CuS/Mg.

Ruben [2], qui a inventé ce type de redresseur, localise le siège du redressement au contact sulfure cuivrique-magnésium. D'après lui, le mécanisme de la rectification est électrochimique, le passage du courant provoquant une électrolyse sèche à travers le contact.

(1) *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 677.

(2) Ruben, U. S. Patent 1.751.361, 1930, et U. S. Patent 1.649.741, 1927.

Bernstein, Rinke et Guthell (1) ont étudié, à l'aide d'un oscillographe, les redresseurs Elkon. Ils ont démontré l'absence totale des phénomènes électrochimiques et croient que le mécanisme de la rectification est de nature électrothermique plutôt qu'électrochimique.

De plus, leur étude leur a permis de localiser le siège du redressement, en certains points seulement du contact sulfure cuivrique-magnésium, ces points formant contact par soudure, tandis que le reste forme contact par pression.

La formation de ces contacts par soudure est due au jaillissement d'un arc entre le magnésium et le sulfure cuivrique, à travers la couche isolante de l'oxyde de magnésium qui se trouve percée.

Un examen attentif de ces contacts par soudure nous a révélé la présence d'un corps gris, à cassure d'acier sur la surface et dans la masse même du sulfure cuivrique.

Ce même corps se forme encore, quand on produit des étincelles entre le CuS et des électrodes en cuivre ou nickel.

En attaquant ce corps, avec HNO_3 étendu et chaud, on remarque un changement de couleur, le gris virant au bleu. Cette même transformation se produit plus profondément, quand on expose ce corps à l'action du soufre bouillant.

La détection d'un courant alternatif faible au moyen d'une pointe de Ni, en contact avec ce corps gris, donne un courant détecté de sens inverse de celui qui est donné quand le contact se fait avec le sulfure cuivrique.

Nous croyons donc pouvoir identifier ce corps avec le sulfure cuivreux (Cu^2S), qui réagit de la même façon avec les réactifs utilisés.

Sa formation s'explique aisément par suite de la chaleur dégagée lors du jaillissement de l'arc, chaleur qui transforme le sulfure cuivrique en sulfure cuivreux, suivant l'équation

$$CuS = Cu^2S + S$$

L'apparition du soufre libre, à la surface de contact CuS/Mg après un long fonctionnement, justifie cette transformation.

Le redresseur Elkon est donc constitué aux régions de contacts par soudure, qui ont les seuls sièges du redressement, par la série des contacts suivants : Pb/CuS/Cu^2S/Mg.

(1) BERNSTEIN, *Physical Review*, 39, 1930, p. 1425.

Mais comme nous l'avons vu (1), un tel système présente des propriétés rectifiantes remarquables, par suite de la différence de la dissymétrie entre les caractéristiques statiques à travers les deux contacts qui sont ici les Pb/CuS et Mg/Cu^2S.

D'après la théorie, le contact principal doit être le sulfure cuivreux-magnésium. Le courant redressé est en effet dirigé suivant la direction du passage facile de ce contact (du Cu^2S vers le Mg).

Le courant inverse qu'on remarque pour des différences de potentiel petites doit être attribué au contact secondaire plomb-sulfure cuivrique, pour les mêmes raisons théoriques, que nous avons indiquées pour l'explication du mécanisme du redressement du redresseur $Cu/CuS/Cu^2S/Cu$.

Le vieillissement des redresseurs Elkon serait dû à la formation des dendrites de CuS, shuntant la masse de Cu^2S et réduisant par conséquent sa grande résistivité.

Finalement, la régénération de ces redresseurs, après claquage, s'explique par la création de nouveaux sièges de redressement, résultant de la formation de l'arc.

MAGNÉTISME. — *Aimantation permanente des terres cuites.* Note (2) de M. E. **Thellier**, présentée par M. Ch. Maurain.

Les terres cuites (briques, poteries) dont le refroidissement a eu lieu dans un champ magnétique constant sont aimantées. On admet généralement (Folgheraiter, Mercanton, Brunhes) que cette aimantation permanente, faible mais très stable, a pour direction en chaque point la direction du champ magnétique dans lequel la terre s'est refroidie après cuisson. J'ai vérifié directement cette propriété en me plaçant le plus près possible des conditions suivantes : terre homogène, cuite uniformément dans un champ magnétique uniforme.

La terre est un mélange en parties égales d'argile de Noron et de sable un peu ferrugineux. La pâte préparée avec soin a été moulée en cubes ($5^{cm},6$ de côté) et en parallélépipèdes ($21 \times 10,5 \times 5^{cm},5$).

Ces pièces, bien séchées, ont été cuites dans les grands fours à porcelaine

(1) *Loc. cit.*

(2) Séance du 27 novembre 1933.

de la Manufacture nationale de Céramique de Sèvres (partie supérieure des fours A et B). Cubes et parallélépipèdes étaient orientés dans le four de diverses façons mais avaient tous une paire de faces horizontales. Ma vérification n'a porté que sur les inclinaisons; on trouvera plus loin pour chaque échantillon l'inclinaison I de l'aimantation sur la face horizontale et l'inclinaison I′ du champ dans le four au point où a été cuit l'échantillon.

Les fours étant très grands, on peut y pénétrer facilement et mesurer l'inclinaison du champ en différents points avec une boussole d'inclinaison ordinaire. Chaque four est garni extérieurement de barres de fer; l'inclinaison à l'intérieur est très différente de l'inclinaison normale du champ terrestre et elle varie, régulièrement, mais assez rapidement d'un point à un autre. Les barres de fer extérieures au four ne s'échauffent pas beaucoup pendant les cuissons et l'on peut admettre que le champ magnétique dans le four chaud est identique au champ étudié dans le four froid. J'ai fait un assez grand nombre de mesures qui permettent de donner à moins de 1° près l'inclinaison I′ du champ dans le four au point où se trouvait le centre de chaque échantillon mis à cuire.

Les aimantations prises par chacun des objets cuits ont été mesurées à l'aide du premier des deux appareils sommairement décrits dans une Note précédente [1]. Cet appareil permet de mesurer les trois composantes de l'aimantation d'un parallélépipède uniformément aimanté, normales aux trois séries de faces. On peut donc calculer facilement : l'intensité $\mathcal{J}$ d'aimantation (donnée dans les tableaux en unités EM) et la direction de cette aimantation, en particulier son inclinaison I sur la face qui était horizontale pendant la cuisson.

J'ai fait trois cuissons successives :

Première cuisson (au four B). — Trois cubes et deux parallélépipèdes (briques) placés en différents endroits du four.

Échantillons.	C_1.	B_1.	C_2.	B_2.	C_3.
$\mathcal{J} \times 10^4$........	86,5	80,5	75	90	70,5
I............	81°45′	82°45′	83°30′	84°15′	84°
I′............	81°	80°30′	81°	81°30′	81°30′

Deuxième cuisson (au four A). — A température plus basse, de l'ordre de 750° au lieu de 900°. Les aimantations sont très faibles : $\mathcal{J}$ est compris entre 0,4 et $0,5 \times 10^{-4}$.

---

(1) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 232.

Ces aimantations sont trop faibles pour donner des valeurs correctes d'inclinaison, les déviations à lire au magnétomètre étant inférieures à 10^{mm}.

Troisième cuisson (au four B). — A température inférieure à celle atteinte dans la première cuisson.

Dix cubes, dont huit sont groupés de manière à former un cube de côté double. C_1 et C_5 ont été cuits en un autre point du four. C_1 déjà aimanté par la première cuisson a été placé de façon que la composante horizontale de sa première aimantation soit de sens opposé à celle du champ magnétique au cours de la nouvelle cuisson.

Cubes..	C_{12}.	C_7.	C_9.	C_8.	C_{11}.	C_4.	C_{10}.	C_6.	...	C_5.	C_1.
$\mathcal{J} \times 10^4$.	36,5	37,5	37	35,5	36,5	33,5	40,5	32,5	...	32,5	113
I.......	72°15′	71°30′	72°45′	72°30′	72°45′	72°30′	72°45′	71°30′	...	72°45′	73°45′
I′......	72°45′	73°	73°15′	73°15′	73°45′	73°45′	73°30′	73°45′	...	72°15′	71°

Ces tableaux montrent :

1° Une uniformité d'aimantation approchée : les 8 cubes cuits dans des conditions voisines ont des intensités d'aimantation pas trop différentes. D'ailleurs, la mesure magnétométrique montre que les charges magnétiques de deux faces opposées dans un même échantillon sont à peu près égales.

2° Il y a coïncidence assez bonne entre I et I′. Les différences trouvées sont de l'ordre des erreurs de mesure : aux erreurs sur I et I′ (environ 30′) s'ajoutent en effet d'une part une erreur provenant de l'homogénéité imparfaite des objets cuits, d'autre part une erreur due aux légers déplacements des objets pendant la cuisson (environ 1° pour C_6 et C_7).

3° L'aimantation acquise dépend beaucoup de la température de cuisson. Une nouvelle cuisson efface la première, même à température plus basse semble-t-il; mais dans les conditions ordinaires l'aimantation acquise semble très stable. Les mesures de $\mathcal{J}$ et I reprises après 6 mois ont donné des écarts faibles (30′ au plus pour I).

Ces quelques résultats constituent une vérification directe, au moins approchée, des hypothèses émises sur l'aimantation des terres cuites.

Une terre cuite uniformément dans un champ magnétique uniforme s'aimante uniformément, cette aimantation dépendant beaucoup des conditions de cuisson (durée, température, atmosphère du four).

L'aimantation permanente ainsi acquise est dirigée comme le champ magnétique ayant agi pendant la cuisson et surtout pendant le refroidissement.

Cette aimantation ne semble altérée ni par le champ terrestre où demeurent les pièces cuites, ni par les variations ordinaires de température qu'elles subissent.

MAGNÉTO-OPTIQUE. — *Sur l'extinction magnétique de la fluorescence des molécules diatomiques de soufre.* Note de M. J. GENARD, présentée par M. A. Cotton.

Bien que l'extinction magnétique de la fluorescence de l'iode soit connue depuis assez longtemps déjà, bien peu de résultats sont établis à l'heure actuelle sur l'influence éventuelle du champ magnétique sur la fluorescence d'autres vapeurs. En effet, il a été possible seulement de mettre en évidence une extinction analogue — mais beaucoup plus faible — de la fluorescence des molécules de tellure ([1]).

Nous avons cherché à déceler également une telle perturbation dans le cas de la vapeur diatomique de soufre. Le travail a été poursuivi à l'aide du gros électroaimant de l'Académie des Sciences.

La fluorescence de S_2 a été excitée par une lampe à Hg très intense dans une petite ampoule de quartz de 6^{mm} de diamètre. Cette ampoule, enfermée dans des fours régulateurs de pression et de température, était placée dans l'entrefer de l'électroaimant.

On sait que la lumière de fluorescence émise est constituée de plusieurs séries de multiplets et de doublets de résonance excités par les raies du Hg : λ2894, 2968, 3022, 3126, 3132. Ces séries émises dans l'ultraviolet ont conservé cependant dans le visible une intensité suffisante pour y être observées aisément. A titre de contrôle, nous avons photographié le spectre de fluorescence à la fois dans le visible et dans l'ultraviolet. Les spectrographes employés (Huet à deux prismes pour le visible, Jobin type Zélande pour l'ultraviolet) permettaient de séparer aisément les termes des différentes séries.

Chacun de nos clichés portait toujours un spectre sans champ magnétique, un spectre avec champ de 40000 gauss et un groupe de marques d'intensité. Les précautions photométriques classiques étaient observées tant lors de la prise des clichés que lors de leur développement; une attention spéciale a été portée sur la constance des températures des fours.

Contrairement a ce qui a été observé antérieurement pour les fluorescences de l'iode et du tellure, l'action du champ magnétique est ici plus complexe. Dès le premier coup d'œil, on remarque que, à côté de termes

---

([1]) SMOLUCHOWSKI, *Zeitsch. für Physik*, 85, 1933, p. 191.

fortement éteints, il en est d'autres sur lesquels le champ paraît n'avoir aucune influence notable; il en est enfin un certain nombre d'autres qui apparaissent nettement renforcés.

Dans le présent travail, nous donnerons les résultats qualitatifs du dépouillement des clichés; des mesures plus complètes seront publiées ultérieurement.

λ excitatrices.

Séries de multiplets.

2894	Termes très fortement affaiblis.
2968	Assez fortement affaiblis.
3022	Affaiblis.
3126	Diminués, sauf peut-être le quatrième terme positif qui paraît garder sensiblement la même intensité.
3132	Non affaiblis, peut-être même légèrement augmentés, sauf le premier terme antistokes qui est légèrement affaibli.

Séries de doublets.

3126	Très fortement augmentés.
3132	id.

Du point de vue théorique, il est peut-être difficile d'interpréter complètement ces résultats; il serait nécessaire, pour y arriver, de connaître avec précision les valeurs des passages de vibration des bandes d'absorption recouvertes par les raies excitatrices; notre connaissance actuelle de ces bandes et de la structure des raies excitatrices est encore insuffisante à ce sujet.

Il est cependant intéressant de remarquer que l'extinction par le champ augmente fortement lorsque la longueur d'onde excitatrice diminue. Tout comme dans le cas de l'iode, il paraît donc y avoir une relation entre l'intensité de l'extinction et cette longueur d'onde excitatrice (ou plus précisément entre l'intensité de l'extinction et la position des niveaux de vibration de la molécule).

Nous croyons utile de signaler que cette extinction magnétique de la fluorescence de S^2 se comprend difficilement du point de vue théorique si l'on admet que seuls interviennent les deux niveaux stables $^3\Sigma$ et le niveau

instable $^3\pi_u$ et que le phénomène d'extinction de S_2 correspond à l'hypothèse de prédissociation magnétique formulée par Van Vleck [1] dans le cas de I_2.

On admet en effet, jusqu'à présent, que le niveau instable $^3\pi_u$ coupe le niveau excité $^5\Sigma$ en deux points et le tracé des courbes d'énergie potentielle des états électroniques de S_2 paraît indiquer que les principaux niveaux excités de vibration sont énergétiquement inférieurs à l'énergie de dissociation de la molécule dans l'état normal. La théorie de Van Vleck ne paraît donc pas applicable brutalement dans le cas de la vapeur de soufre.

Quant à la forte augmentation d'intensité des doublets excités par les raies λ3126 et 3132, elle doit très probablement provenir d'une démultiplication, par effet Zeeman, des raies d'absorption de S_2; les molécules de la vapeur pouvant ainsi absorber une quantité plus grande de l'énergie excitatrice. Remarquons d'ailleurs qu'un tel effet peut produire de graves erreurs dans la mesure des modifications de l'intensité des fluorescences par le champ magnétique; l'erreur peut d'ailleurs être positive ou négative; elle ne pourra être éliminée que très difficilement et seulement si l'on parvient à connaître avec précision la forme exacte des raies excitatrices et l'effet Zeeman dans les bandes d'absorption de la vapeur étudiée. Il y a lieu de signaler également des variations très nettes d'intensités relatives de certaines composantes de multiplets sous l'action du champ magnétique. Ces modifications sont d'ailleurs parfaitement explicables par la complexité de l'excitation des séries de multiplets.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Diagrammes de solidification des alliages formés par deux métaux alcalins : alliages sodium-rubidium.* Note de M. **E. Rinck**, présentée par M. G. Urbain.

Les alliages sodium-rubidium ont été étudiés de façon analogue à celle décrite antérieurement pour les alliages sodium-potassium [2].

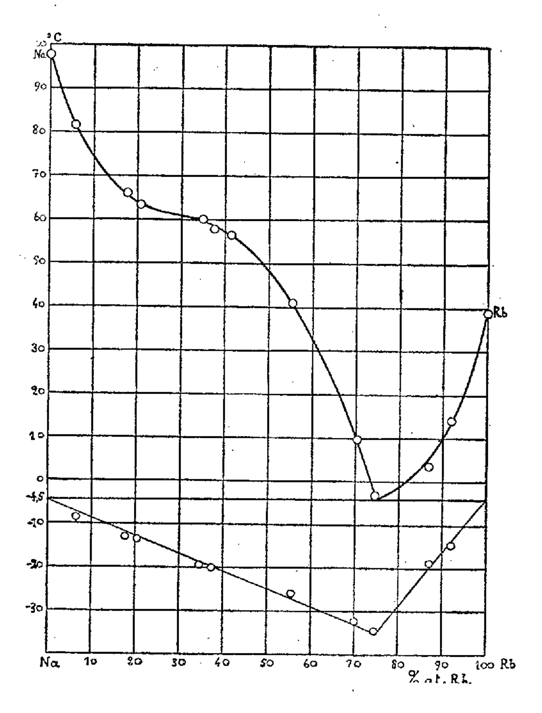
Le rubidium nécessaire à la confection des alliages a été préparé soit à partir du chlorure par réaction avec le calcium (méthode Hackspill), soit à partir du carbonate par aluminothermie. Le métal brut est purifié par une distillation fractionnée dans le vide.

---

(1) Van Vleck, *Physical Review*, **40**, 1932, p. 544.
(2) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 49.

Résultats. — Les résultats obtenus ont permis de tracer le diagramme de solidification ci-dessous.

Les grandes analogies existant entre le potassium et le rubidium nous avaient fait espérer retrouver un diagramme semblable à celui relatif aux alliages sodium-potassium, notamment en ce qui concerne la combi-



naison Na^2K. Or il n'en n'est rien. Sur les courbes de refroidissement et d'échauffement on ne retrouve pas le palier qui devrait mettre en évidence la combinaison Na^2Rb. Ceci est confirmé par la courbe des paliers d'eutexie qui est une droite depuis le sodium pur jusqu'à l'alliage eutectique. A l'état solide les alliages de composition intermédiaire entre zéro et 75 atomes de rubidium pour 100 sont donc constitués par des cristaux de sodium noyés dans l'eutectique.

Pourtant nous avons été frappé par la forme particulière du liquidus qui pour des alliages de composition voisine de $Na + 2Rb$ présente un point d'inflexion à tangente presque parallèle à l'axe des abscisses. Ce point d'inflexion pouvant être regardé comme un palier très réduit nous avons supposé que pour des alliages de cette composition, les métaux sodium et rubidium seraient à miscibilité réciproque à des températures supérieures à

la température de cristallisation commençante. Pour vérifier cette hypothèse nous avons essayé de constater l'existence de deux couches par l'expérience suivante :

Un tube laboratoire contenant l'alliage de composition voulue est placé verticalement dans un thermostat. Le métal une fois fondu, on y introduit un tube de verre fermé à son extrémité inférieure de façon qu'il arrive à toucher le fond du tube laboratoire. On maintient le tout pendant 5 heures à une température constante, puis on casse le fond du tube intérieur. On voit alors monter le métal liquide jusqu'à un certain niveau qui devrait être différent du niveau extérieur au cas où il y aurait deux couches. Enfin on étonne le système en le plongeant dans l'air liquide.

Cette expérience a été répétée à des températures s'échelonnant entre 80 et 200°C. On a pu vérifier que dans tous les cas les niveaux intérieurs et extérieurs étaient rigoureusement les mêmes; de plus, la composition de l'alliage contenu dans le tube intérieur était, aux erreurs d'expériences près, identique à celle de l'alliage prélevé à la surface du métal se trouvant dans le tube extérieur.

Il ressort de ce qui précède que seule l'étude d'une autre propriété des alliages liquides pourra nous éclairer sur la forme particulière du liquidus.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur la présence de neutrons dans le rayonnement cosmique.* Note de MM. **Pierre Auger** et **G. Monod-Herzen**, présentée par M. Jean Perrin.

1. Au cours d'opérations de contrôle destinées à nous assurer que les chambres de détentes de nos appareils à brouillard (méthode de C. T. R. Wilson) n'étaient pas contaminées par des traces de matières radioactives, nous avons fait au début de cette année 1076 paires de clichés dans une chambre de 10^{cm} de diamètre et 400 clichés dans une chambre de 8^{cm}. Ces appareils contenaient de l'hydrogène à la pression normale. Ils étaient entourés de masses de plomb et de cuivre pesant environ 100^{kg}. Toute source radioactive avait été soigneusement éliminée.

2. Le dépouillement de ces clichés a donné une vingtaine de trajectoires provenant des parois, et attribuables à la radioactivité de leurs matériaux. En plus de celles-ci, nous avons constaté la présence, dans la première série, de trois trajectoires auxquelles on ne pouvait donner cette origine : une trace due à un noyau rapide, présentant des trajectoires

collatérales d'électrons heurtés, mais prenant nettement origine au sein du gaz, et deux traces courtes, entièrement contenues dans le gaz. La seconde série a fourni une trajectoire courte contenue dans le gaz.

3. Ces trajectoires sont tout à fait comparables à celles que l'on obtient en faisant agir une source de neutrons, polonium et glucinium par exemple, sur les appareils à détentes à atmosphère d'hydrogène. Des sources de ce type avaient séjourné quelque temps auprès des appareils, mais étaient transportées au loin pendant ces opérations de contrôle. La supposition d'une transmutation par émission de neutrons dans les masses considérables de plomb et de cuivre qui entouraient les appareils, transmutation spontanée ou provoquée par les rayons cosmiques nous a paru plausible, mais le petit nombre des clichés utiles vis-à-vis des opérations nulles rendait les investigations difficiles et l'interprétation douteuse.

4. Une Note récente de G. L. Locher (1), qui observe des trajectoires de recul d'ions positifs, lors des formations de « gerbes » d'électrons par les rayons cosmiques, rend très probable la réalité de l'émission de neutrons par la matière sous l'influence de ces rayons et nous a incités à publier les résultats résumés ici.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur le spectre Raman de quelques carbures cycléniques substitués.* Note de MM. **Marcel Godchot**, **Étienne Canals** et Mlle **Germaine Cauquil**, présentée par M. Delépine.

Nous avons déjà décrit (2) les spectres Raman d'une vingtaine de carbures cyclaniques ou cycléniques; l'intérêt qu'il y a à connaître ces spectres est certain; en particulier, grâce à eux, on peut retrouver tel ou tel carbure dans un mélange; très récemment nos précédents résultats ont permis à M. Andant (3) de déceler dans certaines essences la présence de certains carbures cyclaniques, notamment de carbures cycloheptaniques dont l'identification eût été difficile auparavant.

La présente Note a pour but de faire connaître les spectres de carbures cycléniques substitués appartenant aux cycles en C^5, C^6, C^7 et de les comparer entre eux et avec les spectres des carbures cycléniques correspondants.

(1) *Physical Review*, 44, 1933, p. 779.
(2) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 176 et 1574; 196, 1933, p. 780.
(3) *Chimie et Industrie*, 30, 1933, p. 1011.

Méthyl-1-cyclo-pentène Δ_1.	Éthyl-1-cyclo-pentène Δ_1.	Méthyl-1-cyclo-hexène Δ_1.	Méthyl-1-cyclo-hexène Δ_3.	Éthyl-1-cyclo-hexène Δ_1.	Diméthyl-1.4-cyclo-hexène Δ_1.	Triméthyl-1.3.4-cyclo-hexène Δ_3 ou Δ_4.	Méthyl-1-cyclo-heptène Δ_1.
–	–	132	145	–	–	150	–
–	–	437	392	439	398	409	–
–	–	495	447	625	417	476	–
333	336	588	495	752	447,3	518	305
437	404	618	–	–	525,5	575	386,5
578	–	695	–	–	658	622	603
–	–	–	–	–	695	–	–
879	**867**	**758**	**732**	**835**	**757**	**697**	**722**
1017	906	*821*	**791**	852	786	*785*	*796*
–	–	–	894	–	801	–	–
–	949	859	957	–	894	–	–
1083	*993*	*990*	*995*	*993*	*996*	*995,5*	*996*
–	1031	1069	–	–	–	–	–
–	–	1087	–	–	1095	1065	1082
–	1131	1152	1229	1055	1171	1120,5	1120
–	–	–	–	–	–	–	1196
1278	**1200**	**1266**	**1258**	**1213**	**1256**	**1292**	**1258**
1336	1385	1309	–	1381	1295	1346	1323
1385	–	1367	–	–	–	1379	1379
1445	**1441** / **1445**	**1445**	**1443** / **1450**	**1432**	**1443** / **1449**	**1443** / **1451**	**1445**
1660	**1660**	**1675**	**1650**	**1675**	**1680**	**1677**	**1672,5**
2844,5	2844	2876	2803	2817	2807	2888	2864
2918	2858	2914	2914	–	–	2922	–
2967	2966	2940	2944	2926	2872	2972	2940
–	–	2964	2967	2942	2944,5	3083	2926

L'examen de ce tableau nous permet de faire les observations suivantes :

1° Les spectres des différents carbures présentent un aspect général assez voisin des carbures cycléniques non substitués déjà décrites par nous. Cependant, on peut remarquer que dans la région spectrale où se trouvent les raies relatives aux liaisons C — C, l'introduction dans le noyau de radicaux méthylés a provoqué le remplacement de la raie caractéristique aux environs de 800, enregistrée pour les carbures précédemment étudiés, par deux raies situées dans la même région dont l'une assez intense et l'autre d'intensité toujours moindre mais variable suivant le carbure. Par exemple : la raie 825 du cyclohexène a fait place à deux raies 821 et 758 pour le Δ_1-méthylcyclohexène; de même la raie 758 du cycloheptène est remplacée par deux raies 722 et 796 dans le Δ_1-méthylcycloheptène. Signalons toute-

fois que dans le cas d'un groupement C^2H^5, une seule raie subsiste encore dans cette région : 867 pour le Δ_1-éthylcyclopentène et 835 pour le Δ_1-éthylcyclohexène

2° On retrouve aussi pour les carbures cycléniques substitués la raie forte de la région 1200, caractéristique des carbures hydrocycliques, sensiblement aux mêmes places et avec les mêmes intensités que précédemment.

3° La raie de la région 1440 caractérisant le groupement ($-CH^2$) se retrouve à peu près invariable et avec une grande intensité; elle s'épaissit peu à peu lorsqu'on passe d'un radical CH^3 au radical C^2H^5 et finit par donner un doublet lorsqu'on introduit deux ou trois groupements CH^3.

4° Les spectres présentent de nombreuses raies fines à partir de 132 cm^{-1} ainsi qu'une raie voisine de 1000, observations déjà faites dans les carbures cycléniques non substitués.

5° La raie de la région 1600 caractéristique de la double liaison est déplacée légèrement vers de plus grandes longueurs d'onde du fait de la substitution sans qu'il y ait une différence notable à constater pour une substitution méthylée ou éthylée; elles coïncident même quelquefois; par exemple, (1660) pour le Δ_1-méthylcyclopentène et le Δ_1-éthylcyclopentène; (1675) pour le Δ_1-méthylcyclohexène et le Δ_1-éthylcyclohexène.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Résultats comparés de mesure de la corrosion*. Note (¹) de MM. **Jean Cournot** et **Henri Fournier**, présentée par M. Léon Guillet.

Nous avons appliqué à la mesure des effets de corrosion, la nouvelle méthode d'essai à l'emboutissage de Siebel et Pomp (²), comparativement au procédé habituel de Persoz et à la détermination de la perte de poids.

Les produits essayés ont été : du fer pur Armco, un acier austénitique à 18 pour 100 de chrome et 8 pour 100 de nickel, un ferro-nickel austénitique à 34 pour 100 de nickel, un duralumin ordinaire, du métal Monel, un laiton à 67 pour 100 de cuivre, tous en tôle de 1^{mm} d'épaisseur, sauf le laiton qui était en tôle de 2^{mm}.

Ces produits ont été essayés, d'une part à l'état brut non altéré, d'autre part après une corrosion de deux mois au brouillard salin.

Les déterminations ont porté sur :

(¹) Séance du 27 novembre 1933.

(²) *Comptes rendus*, **195**, 1932, p. 142.

1° La diminution de poids, après décapage à la soude et au zinc ([1]) pour les métaux ferreux, et brossage pour les autres; cette diminution σ est exprimée en pour 100 du poids initial;

Ce coefficient σ est complété par un autre, σ', représentant la sensibilité de la mesure, égal au quotient de σ par la moitié de l'écart maximum entre les différents résultats, cet écart étant exprimé en pour 100 de la valeur moyenne;

2° L'abaissement des caractéristiques d'emboutissage : charge de rupture et flèche pour les deux modes d'essais, avec en plus l'allongement pour 100 d'emboutissage pour la méthode nouvelle; cet abaissement σ est encore ici exprimé en pour 100 des valeurs initiales :

Un coefficient σ' de sensibilité est calculé comme le quotient de σ par l'expression

$$\frac{d\sigma}{\sigma} = \frac{dI}{I}\,\frac{1}{I-F} + \frac{dF}{F}\,\frac{F}{I-F} + \frac{dI}{I}$$

(I valeur initiale, F valeur finale de la grandeur mesurée), dans laquelle dI/I et dF/F sont remplacés par le demi-écart maximum entre les différents résultats, cet écart étant exprimé en pour 100 de la valeur moyenne ([2]).

Les résultats sont groupés dans le tableau ci-contre.

Les conclusions peuvent être résumées comme suit :

1° Il se vérifie bien que la perte de poids offre seulement de l'intérêt dans le cas des corrosions homogènes de surface (fer pur Armco);

2° L'acier austénitique et le ferro-nickel sont très peu corrodés, semble-t-il, dans les conditions envisagées, mais le facteur hétérogénéité du métal intervient cependant, comme cela a déjà été signalé par l'un de nous;

3° Dans le cas des trois derniers alliages, la supériorité du nouvel essai d'emboutissage se révèle tout à fait remarquable, spécialement dans les corrosions intercristallines du duralumin et du laiton.

Cette nouvelle méthode d'emboutissage paraît donc bien présenter un caractère très intéressant de sensibilité dans le cas des corrosions intercristallines, et compléter l'aspect et la perte de poids encore mieux que l'essai courant d'emboutissage et l'essai de traction. Il y a seulement lieu de se défier des influences perturbatrices dues à l'hétérogénéité macrographique.

([1]) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1823.

([2]) Cette même formule n'a pas été utilisée pour le calcul de la sensibilité de perte de poids en raison de l'influence des accidents de surface dus à la corrosion.

Caractéristique de corrosion.	Perte de poids.	Emboutissage Siebel et Pomp. Charge de rupture.	Allongement (%).	Flèche.	Emboutissage Persoz Charge.	Flèche.
		Fer Armco.				
Diminution % σ.....	10	9,9	25,8	15	18,2	6
Sensibilité σ'........	1,10	0,11	0,28	0,18	0,17	0,13
		Acier 18/8.				
Diminution % σ.....	0,07	−0,5	−2,20	−1,10	2,8	−2,90
Sensibilité σ'........	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Ferro-nickel.				
Diminution % σ.....	0,09	6,09	−10,5	−1,4	10	10,4
Sensibilité σ'........	0,00	0,04	0,02	0,00	0,07	0,09
		Duralumin.				
Diminution % σ.....	0,06	53,2	54,9	32,9	17,9	16,9
Sensibilité σ'........	0,001	1,18	0,79	0,64	0,16	0,19
		Métal Monel.				
Diminution % σ.....	0,09	1,32	11,8	4,7	7,9	9,5
Sensibilité σ'........	0,008	0,00	0,05	0,02	0,15	0,23
		Laiton 67,33.				
Diminution % σ.....	0,07	0,37	14,06	9,8	0,32	4,12
Sensibilité σ'........	0,002	0,00	0,11	0,08	0,00	0,03

PHYSICOCHIMIE. — *Sur le spectre d'absorption des diphénols en milieu alcalin.* Note de MM. **Albert Saint-Maxen** et **Émile Dureuil**, présentée par M. Ch. Fabry.

La détermination du spectre d'absorption des diphénols a fait l'objet de travaux parmi lesquels il convient de mentionner ceux de Magini, Hartley et Léonard, Moir et F. W. Klingstedt [1]. D'autre part, Hartley

---

[1] R. Magini, *Journ. Chim. phys.*, 2, 1904, p. 403; Hartley et Léonard, *Journ. Chem. Soc. London*, 95, 1909, p. 38; Moir, *Journ. Chem. Soc. London*, 121, 1922, p. 1555; F. W. Klingstedt, *Comptes rendus*, 175, 1922, p. 365, et 176, 1923, p. 1550.

puis Victor Henri et F. W. Klingstedt ([1]) ont observé les modifications du spectre d'absorption de nombreux composés à fonction phénol en raison, soit de l'acidité ou de l'alcalinité du milieu, soit de la nature du solvant. Enfin, vers 1909, Euler et van Bolin ([2]) interprétaient la coloration des solutions alcalines d'hydroquinone, par la présence d'un composé de structure quinonique.

Nous n'avons retenu ici que le cas des diphénols isomères les plus simples : hydroquinone, pyrocatechine, résorcine, afin de déterminer les modifications de leur spectre en présence d'alcalis caustiques. En outre, nous avons, pour l'hydroquinone, opéré en présence de phosphates, borates et carbonates alcalins.

	Hydroquinone.		Pyrocatéchine.		Résorcine.		
Longueurs d'onde.	Dans l'eau pure.	En présence d'alcali.	Dans l'eau pure.	En présence d'alcali.	Dans l'eau pure.	En présence d'alcali.	Source.
>5000......	>4,00	>4,00	>4,00	>4,00	>4,00	>4,00	>4,00
4940......	»	1,89	»	3,38	»	»	»
4900......	»	–	»	3,32	»	»	»
4750......	»	1,56	»	3,72	»	»	»
4700......	»	1,26	»	–	»	»	»
4590......	»	1,18	»	4,20	»	»	»
4440......	»	0,81	»	3,70	»	»	»
4310......	»	0,73	»	3,53	»	»	»
4190......	»	0,71	»	2,90	»	»	»
4070......	»	0,70	»	2,36	»	»	»
3970......	3,90	0,67	»	1,92	»	»	»
3950......	–	–	3,70	–	»	»	»
3880......	3,55	0,64	3,52	1,52	»	»	»
3790......	2,97	0,61	2,85	1,19	3,32	2,94	»
3705......	2,55	0,59	2,49	0,97	2,88	2,49	3,49
3550......	1,81	0,55	1,67	0,64	2,01	1,62	2,60
3425......	1,13	0,57	0,92	0,62	1,29	1,00	1,52
3320......	0,74	0,53	0,65	0,60	0,86	0,71	1,04

La source de lumière utilisée, pour les longueurs d'onde comprises entre 5800 et 3200 Å, était une lampe à ruban de tungstène, et le spectrographe un appareil Hilger avec prisme en verre *uviol.* Au delà et jusque

([1]) Hartley, *Z. Physik. Chem.*, **74**, 1910, p. 1, et **94**, 1920, p. 405; Victor Henri et F. W. Klingstedt, *Comptes rendus*, **174**, 1922, p. 809.

([2]) Euler et van Bolin, *Z. Physik. Chem.*, **66**, 1909, p. 75.

vers 2200 Å, nous avons opéré avec un tube à hydrogène, donnant dans l'ultraviolet un spectre continu et un spectrographe dont le système dispersif est en quartz.

Parmi les résultats de la mesure de la densité photographique des spectrogrammes, obtenus au moyen du microphotomètre Fabry et Buisson, le tableau ci-dessus donne ceux relatifs aux solutions aqueuses des trois diphénols, soit en l'absence, soit en présence de base alcaline. Tous ces spectres sont obtenus sur la même plaque.

De l'examen de ces résultats, et de nombreuses déterminations analogues, nous tirons les conclusions suivantes :

1° Le spectre d'absorption de l'hydroquinone, en milieu alcalin, subit une modification qui l'apparente à celui de la quinone.

2° L'aspect du spectrogramme ainsi obtenu ne dépend pas de la nature du milieu alcalin (soude caustique, baryte, phosphates, borates ou carbonates alcalins).

3° Cette modification du spectre d'absorption ne se produit qu'avec les diphénols susceptibles de prendre la forme quinonique. Elle est marquée pour la pyrocatechine et l'hydroquinone, négligeable dans le cas de la résorcine.

Cette dernière conclusion confirme l'hypothèse d'Euler et van Bolin, relative à l'existence d'un composé de structure quinonique dans les solutions alcalines d'hydroquinone.

PHYSICOCHIMIE. — *Étude physicochimique de la floculation de la myxoprotéine par la résorcine.* Note de MM. **Augustin Boutaric**, **Maurice Piettre** et Mlle **Madeleine Roy**, présentée par M. Ch. Achard.

Nous avons étudié la floculation des solutions de myxoprotéine par la résorcine au moyen des techniques physicochimiques utilisées antérieurement pour suivre la floculation des solutions de sérum-albumine par le même réactif [1].

La myxoprotéine a été extraite du sérum de bœuf par la méthode à l'acétone [2]. Cette protéine étant insoluble dans l'eau, mais soluble dans

---

(1) A. Boutaric, M. Piettre et M. Roy, *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 357.

(2) M. Piettre, *Archivos do Instituto Vital Brazil*, Rio de Janeiro, **1**, 1, 1922.

les solutions salines et notamment dans celle de chlorure de sodium, nous avons fait dissoudre $0^g,5$ de myxoprotéine dans une solution de chlorure de sodium à $8^g,5$ pour 1000 de manière à obtenir un volume total de 100^{cm^3}.

Nous avons étudié la floculation de cette solution de concentration $2\alpha = 0,5$ pour 100 en la mélangeant à volumes égaux avec des solutions de résorcine de concentration 2ρ; on réalisait ainsi un mélange dans lequel la myxoprotéine existait initialement sous la concentration α et la résorcine sous la concentration ρ.

I. Pour des concentrations ρ supérieures à 2 pour 100, la floculation est instantanée, et il est impossible de faire aucune mesure d'opacité sur le mélange. Pour une concentration ρ égale à 1 pour 100, on n'observe aucune floculation, sauf un léger trouble donnant une densité optique égale à 0,06.

Afin d'examiner si la floculation s'accompagne d'une fixation de résorcine, nous avons comparé, au moyen d'un réfractomètre interférentiel, l'indice N_r d'un mélange, à volumes égaux, d'une solution de résorcine de concentration 2ρ et d'une solution de chlorure de sodium à $8^g,5$ pour 1000 à l'indice N_a que possède le mélange, à volumes égaux, d'une solution de résorcine de concentration 2ρ avec la solution de myxoprotéine après séparation du précipité par centrifugation lorsque le mélange est le siège d'une floculation. Les deux cuves de l'interféromètre contiennent ainsi des solutions ayant la même concentration initiale ρ en résorcine et la même concentration en chlorure de sodium ($4^g,25$ pour 1000). Le tableau suivant donne pour diverses valeurs de ρ la différence $N_a - N_r$ des deux indices évaluée en unités arbitraires (graduations de l'interféromètre de Zeiss) :

ρ.	$N_a - N_r$.
0	199
1	199
2	59
2,5	41
3,5	30
4,5	10
5	10

II. Dans l'ensemble, ces résultats se rapprochent de ceux qui ont été obtenus antérieurement dans l'étude de la floculation des solutions de sérum-albumine par la résorcine au cours des recherches auxquelles il a été fait allusion plus haut. Tout se passe comme si la *myxoprotéine fixait la résorcine, par adsorption, pour donner un produit dont la solubilité dans le*

chlorure de sodium décroît de plus en plus à mesure qu'augmente la quantité de résorcine fixée. Toutefois tandis que dans le cas de l'albumine la différence $N_a - N_r$ devenait négative pour les valeurs de ρ supérieures à 2,5 pour 100 ce qui pouvait s'interpréter par une floculation totale d'albumine avec fixation d'une quantité très faible de résorcine, il n'en est plus ainsi dans le cas de la myxoprotéine : l'indice de la solution de myxoprotéine après floculation reste toujours supérieur à celui de la solution témoin, la différence $N_a - N_r$ ne devenant jamais négative. L'excès constant de l'indice de la solution contenant la myxoprotéine sur celui de la solution témoin semble attribuable à une légère impureté de la myxoprotéine non précipitable par la résorcine, par exemple à très faible pourcentage de globuline dont la séparation parfaite est si difficile, dans les sérums pathologiques plus spécialement.

III. Le composé d'adsorption entre la myxoprotéine et la résorcine est, aussitôt après sa formation, entièrement soluble dans une solution de chlorure de sodium, tout comme le composé d'adsorption relatif à la sérum-albumine l'était dans l'eau. La floculation peut donc être considérée comme *réversible*. Mais alors que le précipité formé par la sérum-albumine est encore soluble 24 heures après sa production, celui de myxoprotéine devient au contact de la résorcine très rapidement insoluble.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les sulfures de titane.* Note de M. **Picon**, présentée par M. H. Le Chatelier.

On a déjà décrit trois sulfures de titane : S^2Ti, S^3Ti^2 et STi; mais les divers savants qui les ont préparés ne sont pas d'accord sur leur aspect, leur stabilité et leurs propriétés.

Les procédés utilisés pour isoler ces corps ont été soit l'action de l'acide sulfhydrique sur le chlorure ou le fluorure de titane, soit la transformation de l'oxyde au moyen de l'acide sulfhydrique ou du sulfure de carbone.

En appliquant la méthode que nous avons antérieurement décrite pour préparer de nombreux sulfures métalliques nous sommes parvenus à isoler trois nouveaux dérivés : S^5Ti^3; S^4Ti^3; S^5Ti^4; le composé S^3Ti^2 ayant été également reproduit.

Nous employons un four à résistance de carbone restant étanche aux gaz à très haute température. On met de l'oxyde de titane dans une nacelle de graphite puis on chauffe dans le four après avoir purgé entièrement l'atmo-

sphère gazeuse par de l'acide sulfhydrique parfaitement sec. L'action devient assez rapide vers 1200°.

Dans cette transformation le carbone intervient car on observe une usure très notable des nacelles. Il se produit d'abondantes fumées et des projections. On peut éviter ces dernières en ajoutant à l'oxyde de titane 15 pour 100 de graphite, soit environ la moitié du carbone nécessaire pour éliminer la totalité de l'oxygène. On chauffe alors très progressivement pendant 1 heure et demie de 1200° à 1550°. Il reste encore de l'oxyde non transformé, le produit est déjà fondu, mais il n'a pas dissous sensiblement de graphite. On porte ensuite à 1650° pendant 30 minutes. Le corps contient encore une petite quantité d'oxygène mais il ne s'est pas formé de carbure. Pour terminer la réaction, on pulvérise très finement puis on chauffe à nouveau 30 minutes toujours à la température de 1650°. On isole finalement un produit non carburé ayant dissous environ 1 pour 100 de graphite et correspondant à la composition S^4Ti^3.

Ce sulfure est un corps solide, noir, amorphe, opaque à l'examen microscopique. La densité $d_0^0 = 3,656$. Ce composé se désulfure dans le vide à partir de 1300°. Après 1 heure, on obtient le sulfure S^5Ti^4.

Le composé S^5Ti^3 est obtenu en chauffant les autres sulfures pendant 1 heure à 800° dans un courant d'acide sulfhydrique sec. On isole ainsi une poudre noire, opaque, à reflets verdâtres; elle présente l'état amorphe à l'examen microscopique. La densité $d_0^0 = 3,375$. Ce corps perd du soufre à assez basse température. A 800° il donne naissance au composé S^3Ti^2.

Le sulfure S^3Ti^2 s'obtient en soumettant S^4Ti^3 à l'action de l'acide sulfhydrique sec pendant 1 heure à 1400°. On opère dans une nacelle de graphite. Le produit formé est noir et présente de petits points brillants; mais au microscope on constate qu'il n'est ni cristallisé, ni transparent. La densité $d_0^0 = 2,584$. Chauffé dans le vide pendant 1 heure à 1100°, il fournit le dérivé S^4Ti^3.

Le sulfure S^5Ti^4 se prépare en soumettant les composés plus riches en soufre à l'action de la chaleur. On porte à la température de 1300° pendant 1 heure et dans le vide cathodique. Le sel ainsi produit est un solide noir, amorphe et opaque à l'examen microscopique. La densité $d_0^0 = 3,744$. Sous l'action de la chaleur et du vide ce composé se désulfure à partir de 1500° mais avec une vitesse extrêmement faible; après 3 heures la perte en soufre est d'environ 1 pour 100. Après 6 heures à 1525°, elle s'élève à 7 pour 100 pendant que la masse se carbure nettement (0,4 pour 100 de carbone combiné).

Dans l'hydrogène à 2000°, après 1 heure, le produit n'a pas fondu mais il est fortement désulfuré; sa teneur en soufre n'est plus que de 12,5 pour 100 et l'on observe une carburation atteignant 60 pour 100 du corps; on note également une légère volatilisation. A 2800°, dans le même gaz après 1 heure, la désulfuration en même temps que la carburation sont complètes. La volatilisation, par contre, devient très faible. Le carbure obtenu a dissous du graphite. Il est cristallisé et très lentement soluble dans le brome en présence d'eau.

Avec l'azote à 2000°, après 1 heure, le produit est gris argenté, aggloméré sans fusion; c'est un mélange d'azoture et de carbure (3,4 pour 100 d'azote et 10 pour 100 de carbone). Dans le même gaz à 2800° et après la même durée de séjour, on ne trouve plus que 0,2 pour 100 d'azote mais 39 pour 100 de carbone. Le produit est un solide fondu, à surface brillante, qui correspond à la formule du carbure TiC ayant dissous 22 pour 100 de graphite. Il est cristallisé et se dissout très lentement dans le brome en présence d'eau.

L'action de l'acide sulfhydrique sur l'oxyde de titane porté progressivement de 1200 à 1650° permet donc d'obtenir un sulfure S^4Ti^3 ne contenant rigoureusement plus d'oxygène mais ayant dissous environ 1 pour 100 de graphite. L'acide sulfhydrique à 800° fournit avec ce dernier corps S^5Ti^3 et à 1400° le composé S^3Ti^2. Tous les dérivés précédents portés à 1300° dans le vide conduisent au sulfure S^5Ti^4. Ces sels sont tous amorphes et opaques à l'examen microscopique.

En considérant les dérivés de moins en moins sulfurés on trouve comme densité 3,375, 3,584, 3,656, 3,744. La désulfuration dans le vide s'effectue à 800°, 1100°, 1300°, 1500° (le dernier corps se carbure à cette température). Chauffé sur le graphite à 2800° dans l'hydrogène ou l'azote ces composés fournissent le carbure cristallisé TiC ayant dissous 22 pour 100 de graphite.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la préparation du ferro-chrome au four électrique.* Note de M. **B. Bogitch**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

Il s'agit de longues expériences qui ont débuté à l'époque de l'apparition des aciers inoxydables au chrome dont la fabrication exige du ferrochrome à basse teneur en carbone.

Le procédé usuel de préparation de ce ferro consiste à obtenir d'abord

du ferro-chrome riche en carbone, puis à oxyder ce métal impur au moyen de la chromite; ces deux opérations se faisant dans les fours électriques généralement adoptés dans la fabrication des ferro-alliages. Or ces fours, pour la plupart de construction assez primitive, possèdent deux défauts : ou une carburation excessive du métal aux dépens du carbone de l'électrode, ou une oxydation supplémentaire et non réglable grâce aux entrées d'air dans le four. On ne peut donc dire à aucun moment que les résultats obtenus avec de tels appareils correspondent aux conditions de fusion adoptées et par conséquent reproduire les mêmes résultats à coup sûr.

Pour obvier à ces inconvénients, j'ai fait construire un four spécial, bien fermé par une voûte, de puissance 300 kw, muni d'électrodes en graphite ne donnant pas d'éclats, avec une tension de 100-120 volts par arc, suffisante pour que l'électrode ne vienne jamais en contact avec les matières à fondre. Ainsi, j'ai pu reproduire sur une échelle semi-industrielle les conditions de travail de laboratoire.

1. La première série d'essais a porté sur la réduction de la chromite au moyen du charbon de cornue. J'ai cherché, en particulier, jusqu'à quel point il serait possible de baisser la teneur en carbone du métal dans une simple fusion réductrice du minerai. Celui-ci avait pour composition centésimale :

$Cr^2O^3 = 51,2$; $FeO = 16,5$; $MgO = 13,4$; $SiO^2 = 3,5$; $Al^2O^3 = 14,9$.

Le tableau ci-dessous résume les résultats les plus frappants de ces essais :

Charbon pour 100 de minerai....		14.	16.	18.	21.	23.	26.	28.
Composition du ferro-chrome pour 100	C...	Pas de métal	0,30	0,55	1,0	1,9	4,1	6,2
	Fe...	»	59,3	43,2	33,0	27,5	25,3	24,5
	Cr...	»	40,1	56,0	65,4	69,0	68,5	67,7
Rendement en Cr extrait (%).		0	23	44	68	89	93	95

On le voit, l'obtention directe du ferro-chrome très pauvre en carbone ($C = 0,30$) par simple et unique fusion du minerai avec du réducteur n'est pas une méthode pratique puisqu'elle donne du métal insuffisamment riche en chrome et que le rendement en chrome est très faible. D'autre part, il est inutile de préparer des ferro-chromes trop riches en carbone, comme cela se fait souvent, s'ils sont destinés à être raffinés. L'obtention des métaux à 1,5-2 pour 100 de C garantit déjà un bon rendement à la fusion et une teneur en chrome suffisante.

2. Dans une seconde série d'essais, je me suis occupé de la transformation du ferro à C = 1,5-2,0 et Cr = 65-68 en métal à C = 0,30-0,50 et Cr = 56-60 pour 100 par le moyen connu, c'est-à-dire en l'oxydant à l'état fondu avec de la chromite.

Deux méthodes opératoires peuvent être adoptées. Dans l'une, le métal fondu en couches de quelques centimètres d'épaisseur est lentement oxydé par le minerai, à une température inférieure à 1700°. Dans l'autre, le métal est surchauffé à près de 1900°, puis oxydé. L'élimination du carbone progresse alors très rapidement, mais l'opération elle-même est dangereuse et doit être conduite avec prudence. A des températures très élevées, le carbone et l'oxyde de chrome, tous deux dissous dans le métal liquide, réagissent pour donner CO qui se dégage brutalement avec explosion et projection de métal liquide à l'extérieur du four. De toutes façons, il est possible de transformer un ferro à 2 pour 100 de C en ferro à 0,30-0,50 en une seule opération de fusion au lieu d'en faire plusieurs comme cela se pratique quelquefois. Mais si l'on cherche à faire descendre C au-dessous de 0,25 pour 100, c'est le chrome qui s'oxyde de préférence au carbone.

3. Enfin, j'ai cherché à préparer du ferro très riche en chrome, à plus de 70 pour 100 de Cr et pauvre en C à partir du même minerai que précédemment. Dans ce but, le minerai subissait une réduction préalable avec 16 pour 100 de charbon de cornue qui l'appauvrissait en fer. On obtenait ainsi, à côté d'une petite quantité de métal, une scorie très riche en chrome. Celle-ci concassée en morceaux et additionnée de quelques unités de charbon et de fondant était retraitée dans un autre four pour donner du métal à 73-78 de Cr et 0,50-0,60 pour 100 de C.

Habituellement, les lingots de métal obtenus après le raffinage sont classés suivant leur teneur en C indiquée par l'analyse. Toutefois, l'aspect seul de la cassure des lingots permet déjà de les grouper grossièrement, car moins ils contiennent de carbone plus la cassure est cristalline et plus sont grandes les surfaces planes des cristaux. Mais on aurait tort d'attribuer l'aspect changeant de la cassure à l'action du carbone. Il s'agit ici, semble-t-il, de la variation de la teneur en Cr^2O^3 logé entre les cristaux. Évidemment, moins il y a de carbone plus il reste de Cr^2O^3 et plus la cassure est nette et plane. D'ailleurs, même dans des lingots à 2 pour 100 de C, refroidis lentement en blocs de quelques centaines de kilogrammes, on trouve du Cr^2O^3 libre, cristallisé dans les poches de retassure.

CHIMIE INDUSTRIELE. — *Contribution à l'étude des mortiers hydrauliques.* Note de M. **Augustin Mache**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

Il a été observé que l'emploi des sables contenant des matières organiques retardait la prise et diminuait la résistance des mortiers hydrauliques.

Afin de pouvoir étudier systématiquement l'influence des matières organiques sur la prise et le durcissement des mortiers hydrauliques, je suis parti de deux sables normaux, l'un calcaire, l'autre siliceux de compositions granulométrique et chimique bien définies dans lesquels j'ai introduit des quantités croissantes de matières humiques sous forme de terreau.

Tableau I.

Désignation.	Gravier, tamis de 5^{mm}.	Sable gros, tamis de 2^{mm}.	Sable moyen, tamis de $0^{mm},5$.	Sable fin.
Sable siliceux $d = 1,474$...	11,2	23,6	57,1	8,1
Sable calcaire $d = 1,522$...	15,7	82,4	38,8	13,1

J'ai confectionné avec ces sables différents mortiers à teneurs croissantes en matières humiques, mais possédant par ailleurs la même composition. Tous les mortiers expérimentés sont en effet des mortiers plastiques 1/3 dont le facteur eau/ciment = 0,5.

Le terreau préalablement homogénéisé a été dosé au point de vue de sa teneur en matières humiques. J'ai utilisé pour ce dosage la méthode à la pyridine diluée préconisée par M. Maurice Piettre ([1]). La teneur en matières humiques du terreau utilisé était de 11,7 pour 100.

Le tableau II résume les résultats d'expérience.

Tableau II.

Désignation.	Hectopièzes. 2 jours.	7 jours.	28 jours.
Mortier plastique (sable siliceux) 750 × 250 × 125.	67	145	238
Mortier plastique + 1 % terreau	52	106	155
» + 2 »	36	56	132
» + 5 »	19	38	89

La lecture de ce tableau montre que non seulement la présence de matières organiques retarde considérablement la prise d'un mortier mais

([1]) *Comptes rendus*, 176, 1923, p. 1329.

que la résistance de ce dernier à 28 jours n'est que le 1/3 environ de sa valeur normale.

Pour expliquer ce résultat expérimental il est classique de formuler une hypothèse analogue à celle émise par Schlœsing concernant l'action de l'humus sur la coagulation de l'argile.

Dans le cas des mortiers, faisant appel aux propriétés colloïdales de l'humus on suppose que ce dernier constitue autour des grains de sable un enduit protecteur empêchant le processus normal de la prise et du durcissement de se développer.

Personnellement j'incline à penser que les phénomènes observés ne sont pas dus au caractère colloïdal de l'humus, mais à sa fonction acide.

En effet, il suffit dans la confection du mortier de substituer au ciment normal un ciment contenant une petite quantité de chaux libre pour que l'action néfaste de l'humus soit en grande partie annihilée et cela est d'autant plus remarquable que si l'on additionne d'alcali un mortier normal, la résistance de ce dernier est très nettement diminuée.

Pour étudier systématiquement le phénomène, j'ai, toutes choses égales d'ailleurs, alcalinisé avec de la soude l'eau servant au gâchage d'un mortier normal et d'un mortier contenant de l'humus.

Le tableau III précise les résultats obtenus avec le sable siliceux, des résultats analogues ont été obtenus avec le sable calcaire.

TABLEAU III.

Désignation.	Hectopièzes. 2 jours.	7 jours.	28 jours.
Mortier normal défini ci-dessus	67	145	238
Mortier normal + 1 % NAOH	63	137	220
» + 5 % NAOH	45	98	166
» + 5 % terreau	19	38	89
» + 5 % terreau + 5 % NAOH	56	120	182

On voit d'après ces résultats que les alcalis exercent sur les propriétés d'un mortier contenant des matières organiques une action améliorante des plus efffcace.

Cette action s'explique d'ailleurs non par la réaction fondamentale qui préside au durcissement des ciments mais par la réaction accessoire qui accompagne le dédoublement du silicate basique de chaux en silicate de chaux monocalcique et hydrate de chaux.

Les travaux récents de MM. Travers et Schnoutka (*Annales de Chimie*,

mars 1930) ont montré que le pH du milieu au sein duquel se forme la précipitation joue un rôle prépondérant sur la nature des aluminates polycalciques hydratés qui y prennent naissance : non seulement la composition chimique varie mais encore la forme cristalline se modifie dans des proportions considérables et cela pour une variation de pH relativement faible (de pH 11,5 à pH 11,89).

Dans ces conditions on conçoit que la présence de matières humiques dans un mortier, c'est-à-dire la présence d'un acide puisse perturber d'une façon profonde et durable les phénomènes de prise et de durcissement.

En résumé et pour conclure :

1° La présence de matières organiques dans un sable peut abaisser de 10, 20, 30, voir même 60 pour 100 la résistance du mortier confectionné avec ce sable.

2° Cette action semble être due au caractère acide de l'impureté organique constituée principalement par ces matières humiques.

3° Un mortier renfermant des matières organiques est amélioré par l'addition d'un alcali et ceci peut être réalisé soit par l'emploi, contrairement à l'usage général, d'un ciment contenant une petite quantité de chaux libre, soit au contraire par addition d'une solution de soude à l'eau de gâchage.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Sur l'hydrogénation du naphtalène.* Note de M. A. **Maillard**, présentée par M. Georges Urbain.

Après Sabatier et Senderens différents auteurs ont montré que l'hydrogénation catalytique par le nickel du naphtalène conduit à 200° au composé tétrahydrogéné seulement (tétraline), et, chose curieuse, pour aboutir au décahydronaphtalène (décaline), il faudrait abaisser la température à 160-175°.

De plus la déshydrogénation des hydronaphtalènes n'a pu être réalisée en présence de nickel sans décomposition thermique, alors qu'elle est possible en présence de platine à 300°. L'hydrogénation du naphtalène et la déshydrogénation de ses hydrures (phénomènes inverses) ne paraissent pas réalisables dans la même région de température.

Ces faits assez singuliers n'avaient encore reçu aucune explication.

---

(1) Sabatier et Senderens, *Comptes rendus*, **132**, 1901, p. 1254.

Nous avons fait une étude en phase gazeuse, à volume constant, sous une pression d'hydrogène inférieure à 760^{mm} Hg. L'évolution du système a été suivie par mesure de la pression et le produit obtenu a été analysé.

Voici les conclusions relatives à l'hydrogénation :

1° L'intervalle de température pratiquement utilisable s'étend de 20° (température ordinaire), au moins, à 180°.

Au-dessus de 180° des réactions parasites de décomposition thermique interviennent. Du carbone se dépose sur le catalyseur et du méthane se forme en quantité importante (jusqu'à 90 pour 100 en volume); les mesures deviennent alors illusoires.

La proportion de méthane croît quand la pression initiale de l'hydrogène s'abaisse.

2° L'hydrogénation du naphtalène jusqu'au décahydrure est possible dans tout l'intervalle de température étudié, mais, suivant la température, on peut ou non passer par l'intermédiaire du tétrahydronaphtalène.

Des essais comparatifs ont montré qu'à 20° le tétrahydrure fixe l'hydrogène plus vite que le naphtalène. L'existence du tétrahydrure comme composé intermédiaire n'est donc pas observable. On a la réaction unique

$$C^{10}H^{8} + 5H^{2} \rightarrow C^{10}H^{18}.$$

Au-dessus de 60°, au contraire, le naphtalène s'hydrogène plus vite que son tétrahydrure. Ce dernier corps peut donc se former comme produit intermédiaire entre le naphtalène et le décahydrure.

Quoique théoriquement le décahydronaphtalène puisse se former directement à partir du naphtalène, cette réaction ne se produit pratiquement pas. Ce fait est mis en évidence par l'allure des courbes d'hydrogénation.

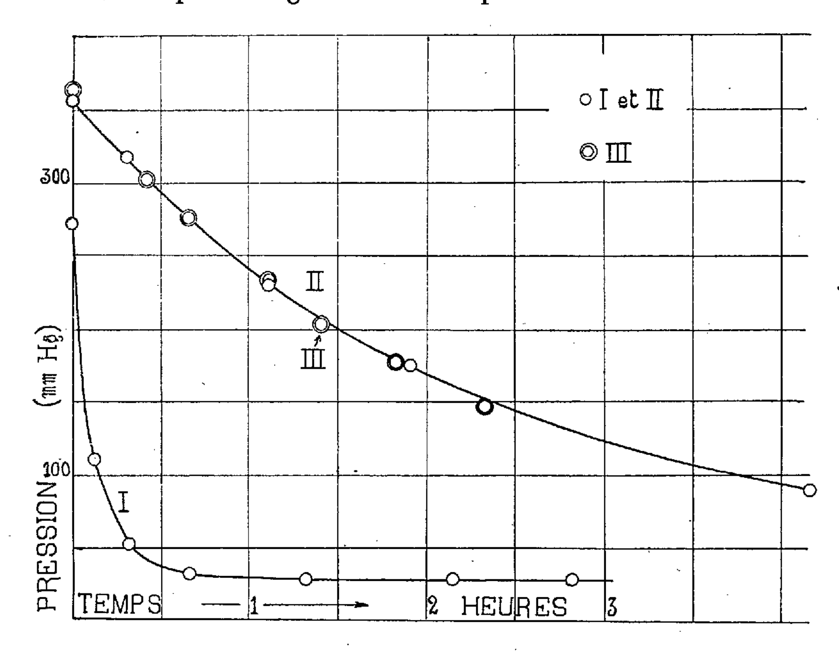
L'exemple suivant est relatif à des essais effectués à 85°. Les courbes I et II se rapportent à l'hydrogénation du naphtalène.

La courbe I traduit l'évolution de la pression à partir de 1 mol/g de naphtalène et de 2 mol/g d'hydrogène (formation du tétrahydrure); la courbe II traduit l'évolution de la pression à partir du système précédent en équilibre additionné d'hydrogène (formation du décahydrure),

La courbe III se rapporte à l'hydrogénation du tétrahydronaphtalène.

Les courbes II et III sont confondues; le naphtalène, sur lequel 2^{mol} d'hydrogène ont été fixées, se comporte comme le tétrahydronaphtalène. Autrement dit la formation du décahydrure ne se produit qu'après disparition du naphtalène; l'hydrogénation du naphtalène semble *sélective* en faveur de son tétrahydrure.

Cette manière de voir a été confirmée par une série d'essais dans lesquels la quantité d'hydrogène combinée au naphtalène était inférieure à 2^{mol}. Le produit provenant de l'hydrogénation a été identifié soit par son indice de réfraction, soit par dosage direct du naphtalène restant.



Voici les résultats de quelques essais, effectués à 160° (I et II) ou à 120 (III et IV) :

	I.	II.
Hydrogène fixé sur le naphtalène (at-gr par mol-gr)......	3,51	3,276
n_D^{20} calculé (en admettant la formation de tétraline seule).	1,5528	1,5495
» mesuré..	1,5533	1,5505

	III.	IV.
Hydrogène fixé sur le naphtalène (at-gr par mol-gr)......	3,785	3,9
Tétraline pour 100 calculé........................	94,5	97,5
» trouvé (dosage du naphtalène restant).	94,0	96,42

En résumé, au-dessus de 60°, deux réactions interviennent successivement :

(1) $$C^{10}H^8 + 2H^2 \rightarrow C^{10}H^{12},$$

(2) $$C^{10}H^{12} + 3H^2 \rightarrow C^{10}H^{18}.$$

La réaction $C^{10}H^8 + 5H^2 \rightarrow C^{10}H^{18}$ n'a pas été observée. Elle n'a lieu qu'à la température ordinaire.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la préparation des sels de trioxytriarylsulfonium dérivés des phénols para et ortho-substitués et sur les bases arylsulfonium.* Note de M. **D. Libermann**, présentée par M. G. Urbain.

La préparation des chlorures de trioxytriarylsulfonium $(HO.Ar)^3SCl$ par réaction de chlorure de thionyle sur les phénols, décrite dans notre Note précédente [1], n'est pas applicable aux phénols para-substitués, comme le *p*-crésol et le *p*-chloro-phénol, ni à certains phénols *o*-substitués comme l'*o*-nitro-phénol et le gaïacol.

Il est possible d'obtenir les sulfoniums dérivés de ces phénols en décomposant par la chaleur les chlorosulfites aromatiques ArOSOCl. Ces derniers se préparent facilement par l'action de $SOCl^2$ sur les sulfites neutres d'aryle, d'après la méthode de Carré et Libermann [2]. En présence d'une quantité équimoléculaire de pyridine ils se décomposent à des températures déterminées, mais tandis que les chlorosulfites d'alcoyle fournissent dans ces conditions presque quantitativement les chlorures d'alcoyle correspondants, les chlorosulfites d'aryle ne donnent pas de chlorures d'aryle. Leur décomposition fournit les chlorures de trioxytriarylsulfonium, réaction qui peut s'expliquer par une isomérisation préalable du chlorosulfite ArOSOCl en un chlorure d'acide oxysulfinique HO.Ar.SOCl lequel conduirait aux sels de sulfonium selon le mécanisme indiqué par Carré et Libermann [3]. Les sels de sulfonium formés ont été isolés et caractérisés à l'état de dérivés tétrabenzoylés.

La décomposition des chlorosulfites d'aryle peut se produire assez violemment et donne une forte proportion de résines si l'on ne prend pas la précaution de la ralentir en l'effectuant au sein d'un solvant neutre. Le choix du solvant dépend de la température de décomposition du chlorosulfite. Ces températures, déterminées par Carré [4], indiquent les débuts des réactions.

On choisit un solvant neutre, possédant un point d'ébullition plus élevé que la température de décomposition du chlorosulfite; on chauffe au voisinage de cette température de décomposition et on la maintient tant qu'il se dégage du gaz sulfureux, en ayant soin de ne pas trop la dépasser. Pour isoler les dérivés de sulfonium de la solution obtenue on procède de la manière suivante :

---

(1) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 921.
(2) *Comptes rendus*, **195**, 1932, p. 799.
(3) *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 275.
(4) *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1806.

La solution refroidie est séparée par filtration du précipité insoluble.

Ce précipité contient le chlorure de sulfonium mélangé de chlorhydrate de pyridine, on le lave avec un peu d'eau froide (il se produit à ce moment un dégagement de SO^2), on le dissout dans la soude, on filtre et l'on traite la solution alcaline par le chlorure de benzoyle; quand la benzoylation est terminée, on extrait le dérivé benzoylé par l'éther. Dans la solution séparée du précipité on trouve des sulfures $(OHAr)^2S$ et des chlorophénols correspondants Cl.Ar.OH, qui proviennent de la décomposition thermique d'une partie des sels de sulfonium formés.

J'ai d'abord vérifié que le phénol ordinaire conduit ainsi au dérivé tétrabenzoylé de l'hydrate de trioxytriphénylsulfonium

$$(C^6H^4.O.CO.C^6H^5)^3.S.O.CO.C^6H^5 + H^2O,$$

fusible à 35° et déjà obtenu par d'autres méthodes. On isole en outre du *p*-chlorophénol et le sulfure de *pp'*-dioxydiphényle.

Puis j'ai préparé les dérivés benzoylés des bases de sulfonium correspondant au *p*-crésol, au *p*-chloro-phénol, et au gaïacol, qu'il n'est pas possible d'obtenir par d'autres méthodes : 1° dérivé tétrabenzoylé de la base de *p*, *p'*, *p''*-trioxytritolylsulfonium

$$[(C^6H^3)(C^6H^5.CO.O)_1(CH^3)_1]^3.S.O.CO.C^6H^5 + H^2O,$$

fusible à 53°; 2° dérivé tétrabenzoylé de la base de *p*.*p'*.*p''*-trioxytrichlorotriphénylsulfonium $[(C^6H^3)(C^6H^5.CO.O)_1(Cl)_1]^3.S.O.CO.C^6H^5 + H^2O$, fusible vers 57°-58°; 3° dérivé tétrabenzoylé de la base de *o*.*o'*.*o''*-trioxytriméthoxytriphénylsulfonium

$$[(C^6H^3)(C^6H^5.CO.O)_1(OCH^3)_2]^3.S.OCO.C^6H^5 + H^2O,$$

fusible à 51°.

D'autre part j'ai réussi à isoler les bases trioxytriarylsulfonium libres $(OH.Ar)^3.S.OH$, qui, jusqu'à présent, n'étaient connues que sous la forme des solutions aqueuses de leurs sels alcalins. Ces bases libres s'obtiennent aisément en traitant les chlorures de sulfonium ci-dessus par le cyanure de sodium dans l'alcool.

A la solution concentrée du chlorure de trioxytriarylsulfonium dans l'alcool à 95°, chauffée au bain-marie bouillant, on ajoute par petites portions la quantité équimoléculaire de cyanure de sodium. La solution se prend assez vite en masse, la base étant presque insoluble dans l'alcool. Pendant la réaction, qui se fait avec échauffement, il se dégage l'acide cyanhydrique. On lave le précipité essoré à l'eau pour éliminer le chlorure de sodium. Les bases s'obtiennent ainsi dans un état de pureté suffisant pour l'analyse.

J'ai ainsi isolé l'hydroxyde de trioxytriphénylsulfonium

$$(OH.C^6H^4)^3.S.OH$$

fusible à 235° et l'hydroxyde de *o.o'.o''*-trioxytritolylsulfonium $[C^6H^3(OH)_1(CH^3)_2]^3.S.OH$, fusible à 264°.

Les bases de trioxytriarylsulfonium sont des corps incolores, presque insolubles dans la majorité des solvants usuels, solubles dans le glycol. Leurs solutions alcooliques même très diluées bleuissent le papier de tournesol. Les alcalis les transforment en sels alcalins, tandis que les acides donnent des sels de sulfonium correspondants. Il est facile d'obtenir ainsi des sulfates, des nitrates, des bromures, des acétates, etc., de sulfonium.

J'ai également constaté que les acides triarylorthosulfureux, obtenus par M. Richter [1], sont en réalité les bases de sulfonium. Je me propose de revenir prochainement sur ce sujet.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la condensation de l'acide benzylpyruvique avec le cyanure de benzyle.* Note de M. **Paul Cordier**, présentée par M. A. Béhal.

L'aptitude réactionnelle de l'acide benzylpyruvique a été étudiée, dans de nombreux cas, par M. J. Bougault qui a montré, en particulier, la condensation facile de cet acide avec l'acétone [2].

I. Nous nous sommes proposé de généraliser cette réaction de condensation et de l'appliquer à un composé possédant un groupement méthylénique actif, tel que le cyanure de benzyle.

L'expérience nous a montré que l'acide benzylpyruvique est susceptible de se condenser molécule à molécule avec le cyanure de benzyle en milieu alcalin et hydroalcoolique.

Dans le but de former l'acide benzylpyruvique à l'état naissant, nous avons utilisé l'amide phényl-α-oxycrotonique

$$C^6H^5 - CH = CH - CHOH - CONH^2,$$

composé qui s'hydrolyse puis s'isomérise facilement [3], en milieu alcalin, en donnant l'acide benzylpyruvique.

---

(1) *Ann. Chem.*, 416. 1918, p. 291.
(2) *Journ. Ph. Ch.*, 7e série, 6, 1912, p. 343.
(3) *Journ. Ph. Ch.*, 7e série, 6, 1912, p. 337.

Nous avons mis en contact pendant quelques jours, une molécule de cyanure de benzyle avec une molécule d'amide phényl-α-oxycrotonique en présence de potasse et en milieu hydroalcoolique. Le produit de la condensation précipité en milieu chlorhydrique donne, après purification et cristallisation dans l'alcool dilué, un composé, cristallisant en aiguilles, fusibles à 192° avec décomposition. Ce composé acide renferme de l'azote. Un titrage acidimétrique direct indique un poids moléculaire de 295 s'accordant avec la constitution du nitrile acide (I) :

$$\begin{array}{c} C^6H^5 - CH - CN \\ | \\ C^6H^5 - CH^2 - CH^2 - C(OH) - COOH \\ \text{(I)} \end{array}$$

résultant de l'union d'une molécule de cyanure de benzyle et d'une molécule d'acide benzylpyruvique. Les dosages de C, H et N concordent avec la formule (I). Ce nitrile acide est insoluble dans l'eau, peu soluble dans le benzène, très soluble dans l'alcool, l'acétone et l'éther. Les sels alcalino-terreux sont solubles dans l'eau. Il est décomposé par les alcalis à l'ébullition avec dégagement de cyanure de benzyle; en liqueur alcaline diluée il se décompose peu à peu avec formation d'ammoniaque.

II. Facilement décomposé à chaud par les alcalis, le nitrile précédent s'hydrate peu à peu à froid en milieu alcalin, et surtout en milieu chlorhydrique, en donnant le composé amidé correspondant. Le nouveau composé azoté obtenu libère facilement, sous l'action des alcalis à chaud, de l'ammoniaque sans trace de cyanure de benzyle.

Le titrage acidimétrique de ce composé donne comme poids moléculaire 314 s'accordant avec celui du composé amidé (II) :

$$\begin{array}{c} C^6H^5 - CH - CONH^2 \\ | \\ C^6H^5 - CH^2 - CH^2 - C(OH) - COOH \quad (\text{P. M.} = 313). \\ \text{(II)}. \end{array}$$

Les dosages de C et H concordent avec la formule (II). Ce corps fond en se décomposant à 198°-200°; il est insoluble dans l'eau, soluble dans l'alcool, insoluble dans le benzène, très soluble dans l'acétone et l'éther. Les sels de Ba et Ca sont peu solubles dans l'eau.

III. Dans le but d'obtenir le diacide correspondant nous avons effectué l'hydratation complète du nitrile par l'acide chlorhydrique en milieu acétique; on obtient, dans ces conditions, un composé insoluble à froid dans les solutions alcalines, soluble lentement à chaud. Purifié dans l'alcool

faible il fond à 74°. Ce composé est un anhydride dont l'acide n'est pas stable; mis en liberté, il retourne spontanément à l'anhydride.

La détermination du poids moléculaire effectué acidimétriquement par retour indique une valeur comprise entre 278 et 290. Les résultats analytiques permettent d'attribuer à ce composé la constitution d'un anhydride d'un diacide éthylénique.

La formule de ce composé peut être représentée par (III) ou (IV) :

$$C^6H^5-CH^2-CH^2-\underset{\displaystyle C^6H^5-C-CO}{\overset{\|}{C}}-CO \rangle O \;(III); \qquad C^6H^5-CH^2-CH=\underset{\displaystyle C^6H^5-CH-CO}{\overset{|}{C}}-CO \rangle O \;(IV).$$

Sous l'action de la potasse à chaud en solution dans l'alcool amylique, l'anhydride précédent fournit un mélange d'acide et d'anhydride. Par séparation par le benzène on obtient un composé acide insoluble fondant à 180° dont le titrage acidimétrique s'accorde avec celui d'un diacide éthylénique. La fraction soluble dans le benzène est l'anhydride de l'acide précédent; il fond à 80° et est isomère de l'anhydride fondant à 74° décrit plus haut. Il se présente en cristaux jaune clair. Cet anhydride se dissout rapidement à chaud dans les solutions de carbonates, par acidulation ménagée les solutions abandonnent un mélange de l'acide bibasique et de son anhydride.

Conclusion. — La condensation de l'acide benzylpyruvique avec le cyanure de benzyle conduit facilement à un nitrile acide à fonction alcool tertiaire; le diacide correspondant ne paraît pas être stable, il se déshydrate avec départ de la fonction alcool tertiaire et transformation en anhydride d'un diacide éthylénique. Ce dernier s'isomérise par la potasse en un second acide éthylénique auquel correspond un nouvel anhydride, naturellement isomère du premier.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Transformations isomériques d'hydrocarbures,* $C^{42}H^{30}$, *isomères des tétraphényl-1.3.1'.3'-dihydro-1.1'-rubène.* Note de M. **Antoine Willemart**, présentée par M. Delépine.

Par action des métaux sur le diphényl-phényléthinyl-chloro-méthane, Ch. Moureu, Ch. Dufraisse et Houghton [1] avaient obtenu un hydrocarbure

[1] *Bull. Soc. chim.*, 4e série, 41, 1927, p. 56.

incolore $C^{42}H^{30}$ (fus. 179°) ainsi qu'une petite quantité d'un produit jaune (fus. 245°) de nature inconnue. Ils avaient logiquement pensé que, d'après son mode de formation, le composé incolore devait être le tétraphényl-diphényléthinyl-éthane :

$$C^6H^5-C\equiv C-\underset{C^6H^5}{\overset{C^6H^5}{\underset{|}{\overset{|}{C}}}}-Cl \rightarrow C^6H^5-C\equiv C-\underset{C^6H^5}{\overset{C^6H^5}{\underset{|}{\overset{|}{C}}}}-\underset{C^6H^5}{\overset{C^6H^5}{\underset{|}{\overset{|}{C}}}}-C\equiv C-C^6H^5.$$

Cet hydrocarbure a été étudié depuis principalement en Allemagne et aux États-Unis.

Wieland et Kloss (1), d'une part, ayant observé que ses solutions présentaient des changements de coloration réversibles avec des variations de température (thermochromie), avaient conclu qu'il pouvait être dissociable comme les hexaarylséthanes.

Marvel et ses collaborateurs (2), d'autre part, ont mis en avant des arguments tendant à prouver que ce composé n'était pas le tétraphényl-diphényléthinyl-éthane. Ils ont proposé une nouvelle formule que leurs expériences ultérieures ne leur ont pas permis de maintenir, de telle sorte que la constitution de ce corps n'est pas encore établie. Enfin ces derniers auteurs (3) ont constaté que cet hydrocarbure avait tendance à se transformer en un isomère incolore (fus. 261°-262°) par simple chauffage de sa solution acétique en présence d'acide chlorhydrique gazeux.

Ch. Moureu, Ch. Dufraisse et Houghton (4) avaient déjà signalé que, par fusion, leur hydrocarbure se transformait en un produit jaune, probablement identique à celui qui l'accompagne lors de sa formation.

Nous avons repris l'étude de cette réaction et nous avons constaté que, par fusion, il se forme, en réalité, non pas un produit, mais deux : l'un incolore, l'autre coloré en jaune. Ces corps ont la même composition que le corps initial, il y a donc eu simple isomérisation. La présente Note a pour objet l'étude de ces deux nouveaux composés, ce qui porte à trois le nombre des isomères dérivant facilement du même hydrocarbure initial.

1° L'isomère incolore se présente sous forme de prismes massifs cristal-

---

(1) *Ann. der Chem.*, 470, 1929, p. 217.

(2) Munro et Marvel, *Am. Chem. Soc.*, 54, 1932, p. 4445.

(3) Halley et Marvel, *Am. Chem. Soc.*, 54, 1932, p. 4450.

(4) *Loc. cit.*

lisant avec solvant de cristallisation. Il a deux points de fusion instantanée : 250° départ de solvant, 317°-318° fusion totale.

Il se forme en relativement petite quantité et n'a pu être séparé de son isomère jaune que péniblement par des cristallisations alternées dans l'acétone et l'acétate d'éthyle.

2° L'isomère jaune se présente sous forme d'aiguilles fondant à 249° (au lieu de 245° précédemment indiqué). Il est identique à celui qui se forme dans la préparation de l'hydrocarbure blanc de Ch. Moureu, Ch. Dufraisse et Houghton.

Nous nous sommes assuré alors que ce corps jaune était bien un produit normal de la réaction fournissant l'hydrocarbure blanc et qu'il ne se formait pas sous l'influence de la faible élévation de température (40°) employée dans la méthode de préparation. Nous l'avons effectivement toujours trouvé, même si l'on fait la réduction du diphényl-phényléthinyl-chloro-méthane à froid par l'action du fer, du cuivre ou du mercure sur une solution éthérée, ou par l'action de l'iodure de potassium en solution acétonique (avec libération corrélative d'iode), soit encore que l'on réduise le diphényl-phényléthinyl-méthanol par le chlorure de titane (méthode Wieland et Kloss) (¹).

Les constantes de ce corps nous ont paru le rapprocher singulièrement de l'un des satellites du tétraphényl-1.3.1'.3'-rubène. On sait en effet que par décomposition thermique du diphényl-phényléthinyl-chloro-méthane, on obtient outre le tétraphényl-1.3.1'.3'-rubène $C^{42}H^{28}$, un hydrocarbure incolore moins hydrogéné (²) $C^{42}H^{26}$ et un hydrocarbure jaune plus hydrogéné (³) $C^{42}H^{30}$.

$$C^6H^5-C\equiv C-\underset{\displaystyle C^6H^5}{\overset{\displaystyle C^6H^5}{\overset{|}{\underset{|}{C}}}}-Cl \xrightarrow{\text{Chaleur}} \underset{\text{rouge}}{C^{42}H^{28}} + \underbrace{\underset{\text{blanc}}{C^{42}H^{26}} + \underset{\text{jaune}}{C^{42}H^{30}}}_{\text{Satellites}}.$$

Effectivement en comparant ces deux hydrocarbures jaunes, nous avons trouvé qu'ils étaient identiques.

a. Tous deux ont le même point de fusion (249°) qui est aussi celui du mélange; *b*. tous deux cristallisent en aiguilles très allongées dans divers

---

(¹) *Loc. cit.*

(²) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 183.

(³) Ch. Moureu, Ch. Dufraisse et Lotte, *Bull. Soc. chim.*, 4ᵉ série, 47, 1930, p. 221.

solvants (acétone, acétate d'éthyle, xylène, mélange de chloroforme et d'acétate d'éthyle); *c*. tous deux retiennent une proportion variable de solvant; le point de fusion du produit avec ou sans solvant est le même; *d*. tous deux présentent les mêmes particularités de luminescence après irradiation ([1]).

Il convient de faire remarquer que ces hydrocarbures s'apparentent au tétraphényl-1.3.1'.3'-rubène; de plus, ils sont des isomères des tétraphényl-1.3.1'.3'-dihydro-1.1'-rubènes et ils dérivent comme l'ensemble de tout ces corps du diphényl-phényléthinyl-chloro-méthane ([2]).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur une oxydoréduction du chloro-1 diphényl-1-2 éthanal et sur le prétendu oxyde de tolane*. Note de M. **Georges Richard**, présentée par M. Delépine.

Ayant fait réagir la potasse sèche et pulvérisée sur le chloro-1 diphényl-1-2 éthanal $C^6H^5.CO.CHCl.C^6H^5$ en solution dans l'éther anhydre, j'ai obtenu :

a. *Un corps solide*, soluble dans l'eau et formé de sels métalliques. Sa solution aqueuse précipite par addition d'un acide minéral en donnant de l'acide benzoïque et de l'acide diphénylacétique que j'ai identifiés par leurs points de fusion 121° et 145°. Pour le second, un dosage acidimétrique a donné un résultat satisfaisant.

b. *Une phase liquide*. Cette dernière après évaporation de l'éther, a laissé un résidu dont le fractionnement a permis d'isoler :

1° *Du diphényl-1-2-éthanal* $C^6H^5.CO.CH^2.C^6H^5$ fondant à 57°-57°,5. J'ai vérifié que le mélange de ce corps avec un échantillon de diphényl-1-2 éthanal préparé par condensation du chlorure de phénacétyle et du benzène ([3]) n'entraînait pas de dépression du point de fusion. J'ai identifié, de même, le produit d'hydrogénation du corps obtenu, avec du phénylbenzylcarbinol préparé par une autre méthode.

II. *Du diphénylglyoxal* (benzile) $C^6H^5—CO—CO—C^5H^5$ fondant à 95-95°,5. Son mélange avec du benzile, préparé par oxydation nitrique de la benzoïne, ne présente aucune dépression du point de fusion.

([1]) Ch. Moureu, Ch. Dufraisse et Lotte, *Journ. Chim. Phys.*, 27, 1930, p. 89.

([2]) Ch. Dufraisse, Masumoto et Buret, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, 51, 1932, p. 74.

([3]) *Ber. d. chem. Ges.*, 12, 1879, p. 1079.

La formation d'acide diphénylacétique est relativement facile à expliquer; on peut admettre que la cétone réagit sous forme énolique, l'action de la potasse se réduisant à une élimination d'acide chlorhydrique

$$\begin{array}{c} C^6H^5-C=\!=C-C^6H^5 \\ \quad | \qquad | \\ \quad OH \quad Cl \end{array} \rightarrow \begin{array}{c} C^6H^5-C=\!=C-C^6H^5 \\ \quad | \qquad | \\ \quad O- \end{array} + HCl.$$

Le corps instable obtenu évoluerait suivant un réarrangement analogue à celui qui suit la rupture des oxydes d'éthylène, mais ici c'est un cétène qui prend naissance

$$\begin{array}{c} C^6H^5-C=\!=C-C^6H^5 \\ \quad | \qquad | \\ \quad O- \end{array} \rightarrow O=C=C\begin{array}{l} \diagup C^6H^5 \\ \diagdown C^6H^5, \end{array}$$

Or les cétènes s'hydratent en formant des acides : ici, l'acide diphénylacétique. D'ailleurs, cette manière de voir présente quelque vraisemblance, car chaque addition de potasse à la solution éthérée de chloro-1-diphényl-1.2-éthanal fait apparaître une coloration rouge disparaissant par agitation : cette coloration peut être due au diphénylcétène. Dans une de mes expériences, j'ai pu isoler grossièrement un produit orangé qui, par chauffage, se transforma en tétraphénylcyclobutanedione, produit normal de condensation du diphénylcétène

$$2\,O=C=C\begin{array}{l} \diagup C^6H^5 \\ \diagdown C^6H^5 \end{array} \rightarrow \begin{array}{c} (C^6H^5)^2=C-C=O \\ \qquad\quad | \qquad | \\ \qquad O=C-C=(C^6H^5)^2. \end{array}$$

La production simultanée de diphényl-1.2-éthanal et de diphénylglyoxal en quantités à peu près équimoléculaires constitue un exemple de plus d'oxydoréduction effectuée par la potasse

$$2\,C^6H^5.CO.CHCl.C^6H^5 + 2\,KOH$$
$$\rightarrow 2\,ClK + C^6H^5.CO.CH^2.C^6H^5 + C^6H^5.CO.CO.C^6H^5.$$

Ces recherches sont en contradiction avec celles effectuées par MM. Madelung et M. T. Oberwegner, qui déclarent [1] avoir obtenu de l'oxyde de tolane par action de la potasse sèche et pulvérisée sur une solution toluénique de chlore-1-diphényl-1.2-éthanal. Il est vrai que j'avais opéré d'une

[1] *Liebigs Ann.*, 490, 1931, p. 224.

façon différente; aussi ai-je repris la réaction en suivant le mode opératoire de ces auteurs; je n'ai pas obtenu d'oxyde de tolane, mais simplement du diphényl-1.2-éthanal caractérisé comme ci-dessus. Le corps obtenu par MM. Madelung et Oberwagner fondait seulement à 52°,5, mais les auteurs pensent ne pas l'avoir purifié entièrement; il est probable qu'il s'agit de diphényl-1.2-éthanal impur. Comme on pouvait s'y attendre, l'acide chlorhydrique chauffé en tube scellé pendant deux heures à 120° avec le diphényl-1.2-éthanal laisse ce dernier inattaqué. Les auteurs cités indiquent que, dans ces conditions, leur produit régénère la cétone chlorée initiale. L'existence des « époxènes » demeure douteuse.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques hydrocarbures éthyléniques et saturés de* C^8 *à* C^{11}. Note [1] de M. **Marcel Tuot**, présentée par M. A. Desgrez.

Dans une Note antérieure, en collaboration avec M. André Meyer [2], j'ai décrit la préparation de quelques carbures éthyléniques par déshydratation des alcools correspondants. La présente Note a pour objet l'identification et l'hydrogénation de ces carbures, auxquels j'ajouterai celui obtenu avec le *méthyl-3-heptanol-3*, $C^8H^{18}O$ (bromure de butylmagnésium sur méthyléthylcétone) :

$$E_{14mm}=67^\circ;\quad d_{20}^{20}=0,8246;\quad n_D^{20}=1,4291;\quad \text{RM obs.}=40,65;$$
$$\gamma_{20}=28,15;\quad (P)\ \text{obs.}=363,40.$$

J'ai identifié ces hydrocarbures éthyléniques par oxydation. Dans tous les cas, on obtient un acide et une cétone, caractérisés par les points d'ébullition, les sels d'argent ou les semicarbazones; les produits d'oxydation ont conduit à adopter les constitutions suivantes :

1° *Méthyl-3-heptène-2*, C^8H^{16}, $CH^3-CH=C(CH^3)-CH^2-CH^2-CH^2-CH^3$:

$$E_{750mm}=121^\circ;\quad d_{20}^{20}=0,7296;\quad n_D^{20}=1,4183;\quad \text{R. M. obs.}=38,71;$$
$$\gamma_{20}=22,27;\quad (P)\ \text{obs.}=333,70.$$

2° *Diméthyl-2.4-hexène-4*, C^8H^{16}, $CH^3-CH(CH^3)-CH^2-C(CH^3)=CH-CH^3$:

$$E_{757mm}=109^\circ;\quad d_{20}^{20}=0,7313;\quad n_D^{20}=1,4160;\quad \text{R. M. obs.}=38,39;$$
$$\gamma_{20}=21,64;\quad (P)\ \text{obs.}=330,60.$$

(1) Séance du 20 novembre 1933.

(2) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1231

3° *Diméthyl-2.5-hexène-2*, C^8H^{16}, $CH^3-C(CH^3)=CH-CH^2-CH(CH^3)-CH^3$:

$E_{739mm}=111°$; $d_{20}^{20}=0,7265$; $n_D^{20}=1,4135$; R. M. obs. $=38,49$; $\gamma_{20}=21,58$; (P) obs. $=332,60$.

4° *Diméthyl-2.4-heptène-4*, C^9H^{18}, $CH^3-CH(CH^3)-CH^2-C(CH^3)=CH-CH^2-CH^3$:

$E_{749mm}=131°$; $d_{20}^{20}=0,7358$; $n_D^{20}=1,4198$; R. M. obs. $=43,42$; $\gamma_{20}=22,40$; (P) obs. $=372,90$.

5° *Diméthyl-2.5-heptène-4*, C^9H^{18}, $CH^3-CH(CH^3)-CH^2-CH=C(CH^3)-CH^2-CH^3$:

$E_{747mm}=137°$; $d_{20}^{20}=0,7382$; $n_D^{20}=1,4217$; R. M. obs. $=43,34$; $\gamma_{20}=22,89$; (P) obs. $=373,60$.

6° *Triméthyl-2.3.5-hexène-2*, C^9H^{18}, $CH^3-C(CH^3)=C(CH^3)-CH^2-CH(CH^3)-CH^3$:

$E_{741mm}=125°$; $d_{20}^{20}=0,7340$; $n_D^{20}=1,4180$; R. M. obs. $=43,26$; $\gamma_{20}=21,635$; (P) obs. $=370,50$.

7° *Diméthyl-2.4-octène-4*, $C^{10}H^{20}$, $CH^3-CH(CH_3)-CH^2-C(CH^3)=CH-CH^2-CH^2-CH^3$:

$E_{752mm}=154°$; $d_{20}^{20}=0,7497$; $n_D^{20}=1,4256$; R. M. obs. $=47,81$; $\gamma_{20}=23,60$; (P) obs. $=412,00$.

8° *Triméthyl-2.4.6-heptène-3*, $C^{10}H^{20}$, $CH^3-CH(CH^3)-CH=C(CH^3)-CH^2-CH(CH^3)-CH^3$:

$E_{746mm}=142°$; $d_{20}^{20}=0,7355$; $n_D^{20}=1,4208$; R. M. obs. $=48,12$; $\gamma_{20}=22,12$; (P) obs. $=413,15$,

9° *Triméthyl-2.4.7-octène-4*, $C^{11}H^{22}$, $CH^3-CH(CH^3)-CH^2-C(CH^3)=CH-CH^2-CH(CH^3)-CH^3$:

$E_{739mm}=168°$; $d_{20}^{20}=0,7539$; $n_D^{20}=1,4280$ R. M. obs. $=52,56$; $\gamma_{20}=23,535$; (P) obs. $=450,30$.

Les hydrocarbures saturés correspondants ont été préparés par fixation d'hydrogène moléculaire (Carothers et Adams), en présence d'oxyde de platine (obtenu d'après Voorhes et R. G. Adams, *J. Am. Soc.*, 1922, p. 1397; R. J. Adams et Shriner, *J. Am. Soc.*, 1923, p. 2171). On obtient les hydrocarbures suivants :

1° *Méthyl-3-heptane*, C^8H^{18} : $E_{747mm} = 116°,5$; $d_{20}^{20} = 0,7033$; $n_D^{20} = 1,3982$; R.M. obs. $= 39,14$; $\gamma_{20} = 20,39$; (P) obs. $= 344,70$.

2° *Diméthyl-2.4-hexane*, C^8H^{18} : $E_{750mm} = 108°$; $d_{20}^{20} = 0,6986$; $n_D^{20} = 1,3950$; R.M. obs. $= 39,12$; $\gamma_{20} = 19,97$; (P) obs. $= 345,20$.

3° *Diméthyl-2.5-hexane*, C^8H^{18} : $E_{747mm} = 107°$; $d_{20}^{20} = 0,6937$; $n_D^{20} = 1,3922$; R.M. obs. $= 39,12$; $\gamma_{20} = 19,04$; (P) obs. $= 343,50$.

4° *Diméthyl-2.4-heptane*, C^9H^{20} : $E_{749mm} = 130°$; $d_{20}^{20} = 0,7128$; $n_D^{20} = 1,4023$; R.M. obs. $= 43,75$; $\gamma_{20} = 20,49$; (P) obs. $= 382,40$.

5° *Diméthyl-2.5-heptane*, C^9H^{20} : $E_{741mm} = 133°$; $d_{20}^{20} = 0,7147$; $n_D^{20} = 1,4033$; R.M. obs. $= 43,73$; $\gamma_{20} = 21,09$; (P) obs. $= 384,10$.

6° *Triméthyl-2.3.5-hexane*, C^9H^{20} : $E_{738mm} = 129°$; $d_{20}^{20} = 0,7171$; $n_D^{20} = 1,4051$; R.M. obs. $= 43,76$; $\gamma_{20} = 21,17$; (P) obs. $= 382,90$.

7° *Diméthyl-2.4-octane*, $C^{10}H^{22}$: $E_{746mm} = 152°,5$; $d_{20}^{20} = 0,7259$; $n_D^{20} = 1,4090$; R.M. obs. $= 48,36$; $\gamma_{20} = 21,79$; (P) obs. $= 423,00$.

8° *Triméthyl-2.4.6-heptane*, $C^{10}H^{22}$: $E_{746mm} = 143°$; $d_{20}^{20} = 0,7210$; $n_D^{20} = 1,4057$; R.M. obs. $= 48,34$; $\gamma_{20} = 21,18$; (P) obs. $= 422,90$.

9° *Triméthyl-2.4.7-octane*, $C^{11}H^{24}$: $E_{746mm} = 167°,5$; $d_{20}^{20} = 0,7344$; $n_D^{20} = 1,4132$; R.M. obs. $= 52,99$; $\gamma_{20} = 22,26$; (P) obs. $= 461,80$.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Cristaux liquides produits par évaporation ou refroidissement d'une solution aqueuse de tartrazine.* Note de M. **Paul Gaubert.**

J'ai montré antérieurement que les substances donnant des cristaux liquides par refroidissement d'une masse fondue, peuvent aussi en produire par évaporation d'une solution, mais dans ce cas, leur existence est tout à fait éphémère et parfois difficile à constater ([1]).

Le but de cette Note est de signaler qu'une solution aqueuse d'une matière colorante artificielle, la tartrazine, ne donnant pas de cristaux liquides à haute température pour les raisons indiquées plus bas, peut déposer des cristaux liquides optiquement positifs à la température ordinaire et ce fait est important en ce qu'il permet de faire aisément de nombreuses observations..

Cette substance, sel trisodique de l'acide tartrazinique (acide 1, *p*-sulfoxyphényl-4, *p*-sulfoxybenzène-azo-5-oxypyrasol-3-carbonique), se présente en très petits cristaux aciculaires, probablement orthorhombiques, à allongement optique négatif, très réfringents et très biréfringents ($n_g > 1,80$, $n_p = 1,49$). Ces cristaux sont anhydres, ne fondent pas et peuvent être

(1) P. Gaubert, *Comptes rendus*, **163**, 1918, p. 392.

portés à la température de 300° et même au-dessus sans s'altérer. Ils sont très solubles dans l'eau froide et en toute proportion dans l'eau chaude. Au contact d'un peu d'eau, ils ne passent pas à la stase mésomorphe, comme ceux de l'acide 10-bromophénanthrène-8-sulfonique, corps étudié par H. Sandquist, O. Lehmann, G. Friedel (²), etc.

A cause du mode particulier de production des cristaux liquides de la tartrazine, les phénomènes observés sont très variés; en voici quelques-uns.

Une goutte de la solution saturée à chaud, à 50° par exemple, est déposée sur une lame de verre porte-objet et étendue autant que possible sur cette dernière pour faciliter l'examen microscopique. Maintenue à cette température ou abandonnée au refroidissement, il se produit habituellement d'abord des cristaux solides sur les bords de la goutte, identiques à ceux mentionnés plus haut, et ensuite vers l'intérieur un liquide très biréfringent, très fluide de la stase nématique proprement dite (terminologie de G. Friedel). En outre, des plages isolées de cette forme apparaissent au milieu de la solution isotrope. On peut aussi couvrir la goutte avec une lamelle et le mieux est alors de faire la solution en chauffant une petite masse de tartrazine, imbibée d'eau, placée au milieu du couvre-objet. Ce dernier retarde l'évaporation et les phénomènes à observer sont de plus longue durée qu'avec une couche liquide à l'air libre. Naturellement, quelques tâtonnements sont nécessaires pour obtenir les meilleurs résultats au point de vue de l'étendue, de la clarté et de la durée des plages liquides anisotropes.

Mais la stase nématique n'est pas la seule à se produire. Au milieu de ses plages apparaît la stase smectique, représentée par des cristaux à coniques focales montrant des caractères très variés, modifiés au contact des bulles d'air et des cristaux solides. Dans tous les cas, ils s'accroissent aux dépens des plages nématiques.

Les cristaux de ces deux stases peuvent se maintenir un certain temps, 10 minutes et même plus, mais ils ne sont pas stables. Au milieu des plages de la stase nématique, apparaissent de petits sphérolites de tartrazine, formés par des fibres assez larges, à allongement optique négatif. Leurs propriétés sont celles des cristaux solides étudiés plus haut. Au bout de peu de temps, il se produit un fait inattendu : une auréole liquide monoréfringente allant en s'élargissant, entoure ces sphérolites dont l'accroisse-

---

(¹) SANDQUIST, *Kolloïd Zeitsch.*, **19**, 1916, p. 113; O. LEHMANN, *Ann. der Phys.*, **50**, 1916, p. 699; G. FRIEDEL, *Ann. de Phys.*, **18**, 1922, p. 382.

ment se ralentit. L'examen en lumière convergente montre que l'isotropie n'est pas due à une orientation nouvelle perpendiculaire à l'axe optique et que le liquide est bien isotrope. Le liquide de la stase nématique coule vers cette auréole, au contact de laquelle il se dissout.

L'instabilité de la forme nématique entraîne celle de la forme smectique qui passe à la première et qui, par conséquent, ne contribue pas directement, ou du moins rarement, à l'accroissement des cristaux solides.

D'autres faits peuvent être observés. Ainsi des gouttelettes isolées isotropes, deviennent brusquement biréfringentes (stase nématique) et de nouveau monoréfringentes. Ces transformations peuvent se répéter deux ou trois fois avant l'apparition de la forme solide. Ce fait doit être attribué au dégagement de chaleur, dû à la production du cristal liquide, provoquant un léger échauffement de la goutte, mais suffisant pour amener l'instabilité de ce dernier.

Les phénomènes observés avec la tartrazine [1] sont donc différents de ceux obtenus avec le composé de H. Sandquist.

Pour les expliquer on peut admettre, par analogie avec ce qui se produit avec les solutions sursaturées donnant les cristaux liquides (azoxyanisol, azoxyphénétol, etc.), que, suivant les conditions d'évaporation ou de refroidissement, une solution sursaturée de tartrazine laisse déposer plusieurs modifications, une solide stable et deux liquides biréfringentes instables.

La production autour des cristaux solides d'une auréole liquide isotrope doit être attribuée à la diminution ou même à la suppression de la sursaturation au contact de ces cristaux entrainant l'instabilité de la stase mésomorphe dans leur voisinage.

---

[1] Les résultats fournis par trois échantillons d'origine différente ne sont pas identiques. Ils diffèrent légèrement par le degré de stabilité des deux formes liquides biréfringentes. Avec l'un deux, la stase smectique apparaît difficilement, fait qui doit être attribué à des impuretés. En effet l'addition de matières étrangères, même en faible quantité, empêche ici, la plupart du temps, la production des phases liquides anisotropes

GÉOLOGIE. — *Sur la tectonique du Sud du Massif de l'Aurès.* Note (¹) de M. **Robert Laffitte**, présentée par M. Ch. Jacob.

L'orientation des axes tectoniques de l'Atlas saharien, dans le Sud constantinois, est sensiblement SW-NE, contrastant avec la direction générale de la chaîne, ici sensiblement W-E. Cette disposition tient à ce que les différents chaînons, obliques par rapport à la chaîne, se relayent sans se prolonger et apparaissent latéralement les uns après les autres.

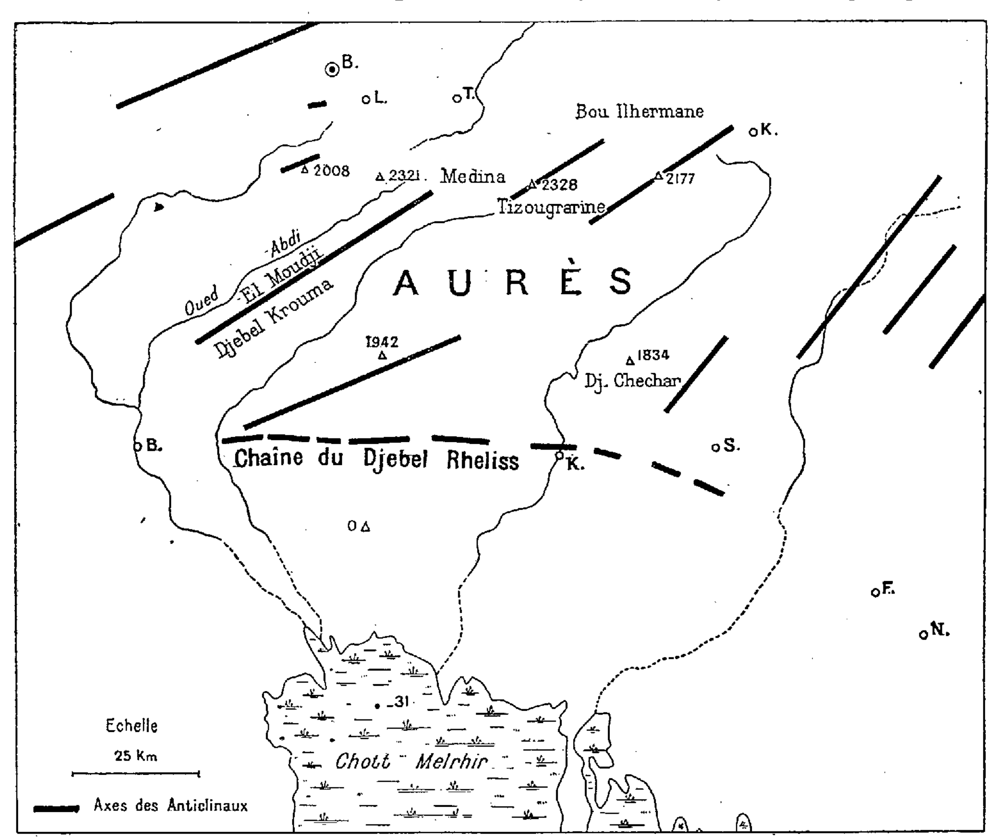
Cependant, les études que j'ai poursuivies cette année dans le Sud de l'Aurès m'ont montré un certain nombre de chaînons, disposés sur un arc très ouvert, légèrement concave vers le Sud et dont l'orientation est sensiblement W-E. Ces chaînons, qui s'alignent les uns à la suite des autres sur environ 120^{km}, forment une ride, bien apparente sur la carte au 1/200000e, séparant l'Atlas saharien de la dépression du Chott Melrhir. On peut l'appeler, du nom du plus important d'entre eux, *chaîne du Djebel Rheliss.* Elle comprend de l'Ouest à l'Est à partir de Biskra : les Djebel Guechrich, D. Guechricheur, D. Guettaoua, D. er Rieh, D. Rheliss, D. Sidi Ziad, D. Mta el Khanguet Sidi Nadji. Peut-être même, les îlots de Nummulitique, figurés sur la carte au 1/800000e de l'Algérie au Sud de Dj. Chechar, et que je n'ai pas encore étudiés, en font-ils encore partie.

Les chaînons sont des anticlinaux très dissymétriques, dont le cœur est formé de calcaires maestrichtiens. Sur les flancs sud, on voit la série normale : calcaires maestrichtiens, marnes daniennes, marno-calcaires de la base du Nummulitique, calcaires à silex du Suessonien; au contraire, sur les flancs nord étirés, ne subsistent généralement que les calcaires maestrichtiens.

Les anticlinaux apparaissent isolés au milieu des couches rouges du Saharien, c'est-à-dire du Miocène supérieur et du Pliocène. Il est d'ailleurs particulièrement remarquable de voir, sur les versants sud, les premières couches du Saharien généralement concordantes sur le Nummulitique et toujours redressées avec lui. Donc, au début du Néogène, la limite sud des plissements pyrénéens qui avaient affectés toute la Berberie, passait au Nord de la chaîne du Djebel Rheliss et celle-ci faisait encore partie du plateau saharien. Au Nord de cette chaîne, au contraire, dans l'Aurès et les

(¹) Séance du 27 novembre 1933.

régions voisines, le Saharien et même le Cartennien (Burdigalien) se rencontrent sous forme de lambeaux horizontaux ou subhorizontaux, recouvrant en discordance tous les terrains antérieurs, parfois relevés à la verticale. En outre de ceux portés sur la carte au 1/800000e, j'ai pu en



reconnaître de nombreux autres : Djebel Krouma, Tizougrarine, Boui-Ilhermanne, el Moudji.

Mais pendant que l'Aurès plissé était envahi par la mer cartennienne qui respectait seulement quelques sommets, la région de la chaîne du Djebel Rheliss et le Sahara restaient émergés : les formations du Néogène y sont continentales.

Ultérieurement le massif de l'Aurès s'est trouvé surélevé en masse, sans véritables déformations, comme en témoignent les nombreux lambeaux du Cartennien, parfois portés à 2000^m d'altitude et restés cependant horizontaux. En même temps s'est formée la fosse sud-Aurasienne, immense dépression mise en évidence par M. Savornin.

Ainsi la base du Néogène était portée au Nord du Djebel Rheliss à + 2000^{m} et au Sud abaissée à — 2000^{m}. A la limite des deux régions naissaient les accidents du Djebel Rheliss. L'enfoncement du compartiment sud semble avoir été accompagné d'un mouvement relevant son bord septentrional, et donnant naissance à la chaîne dont s'explique ainsi l'asymétrie.

Ce mouvement doit être contemporain de la formation des derniers poudingues de la série rouge du Saharien : sur les couches argilo-sableuses de base de ce terrain vient une série de poudingues épaisse d'une centaine de mètres, au sein de laquelle on remarque de nombreuses discordances.

La formation de la chaîne du Djebel Rheliss eut pour résultat d'incorporer à l'Atlas saharien des chaînons de formation plus récente et d'orientation nouvelle.

GÉOLOGIE. — *Sur le Synclinal de Rians (Var).* Note (1) de M. **Albert de Lapparent**, présentée par M. Ch. Jacob.

La vallée synclinale de Rians (Var), orientée de l'Est à l'Ouest, et empruntée par le récent tracé de la ligne Avignon-Nice, est remplie sur une longueur de 22^{km} par les couches de passage du Crétacé au Tertiaire, reposant sur le Jurassique supérieur ou le Néocomien.

Vers l'Est, les grès et calcaires rognaciens passent latéralement à des poudingues très développés, transgressifs sur le Trias.

Aux environs immédiats de Rians, la feuille d'Aix au 1/80000e a figuré de grandes failles rectilignes traversant le synclinal. Le dôme de calcaire rognacien situé à l'Ouest du village est en effet limité, au Sud-Est et à l'Est, par une faille; mais cet accident local ne paraît pas se prolonger dans le Jurassique. L'étude des contours du Trias m'a révélé l'unité du synclinal de Rians : les couches tertiaires se continuent en effet sans interruption *sous* ce Trias. Cette masse très confuse et broyée ne comprend pas seulement des cargneules et des marnes avec gypse, mais encore des dolomies grises, probablement hettangiennes, soit en gros blocs emballés dans le Keuper, soit, sur les bords, en affleurements plus étendus. L'érosion a isolé huit lambeaux, entre lesquels on retrouve les argiles rouges et les sables. Dans la vallée étroite qui va de Rians à la plaine de Valavès, on peut encore observer, en plusieurs points, la superposition du Trias, et du

(1) Séance du 27 novembre 1933.

Lias qui lui est intimement lié, à l'Éocène inférieur et au Jurassique. Le Trias de Rians n'est donc pas comparable aux *bandes transversales* qui joueraient en Provence « le rôle d'obstacles ou de barrières dans le champ de développement des plis principaux »; il se trouve entièrement en recouvrement, sur 4^{km} au moins. Comme l'indique le sens des pendages et des étirements sur les bords, sa racine doit être cherchée vers le Nord et se trouverait peut-être sous la plaine de Valavès.

Au Sud, deux plis couchés et déversés vers le Nord, le pli du Grand Sambuc et le pli d'Artigues, bordent le synclinal. Collot (¹) les a décrits l'un et l'autre comme enracinés. Trois lambeaux de recouvrement importants se rattachent au pli d'Artigues : celui de Laval; celui de la Plane, qui repose, même au Sud, sur les argiles et sables éocènes, contrairement au figuré de la carte; celui du château d'Artigues, non encore signalé, constitué par du Jurassique supérieur et moyen très écrasé.

Au Nord, le synclinal de Rians est limité par deux plis faisant face aux précédents et déversés vers le Sud. L'anticlinal de Lingouste, dissymétrique vers le Nord-Est au pont de Mirabeau sur la Durance, est par contre renversé vers le Sud à son extrémité Sud-Est. Cet accident est limité par une faille sur le vieux chemin de Rians à Saint-Paul, et le Jurassique de l'Oratoire Saint-Marc s'enfonce sous le Danien. Au Nord-Est de Rians, les argiles et sables tertiaires buttent par faille contre un anticlinal jurassique qui, à partir de Castillon, se déverse par-dessus l'Éocène et le Danien, jusqu'à donner le lambeau de recouvrement de la Blanque. Au delà vers l'Est, le pli se continue dans le signal du Mont-Major; mais si le Jurassique supérieur chevauche encore très nettement le Danien à Roquerousse, ce mouvement s'atténue beaucoup sur la route au Nord d'Esparron; et, près du Haut Adret, les argiles et grès, qui m'ont fourni un humérus d'*Hypselosaurus priscus* Math., reposent sur le Jurassique supérieur à pendage Sud par l'intermédiaire d'une couche de bauxite; cette terminaison périclinale se suit vers la Combe et tourne au Nord vers Montmayon.

Collot (²) avait déjà figuré le double déversement sur les bords de la vallée de Palières; je n'ai pu que vérifier l'exactitude de ces vues. L'existence de dômes ou brachyanticlinaux, et le manque de continuité des plis en direction, sont des faits très caractéristiques de cette partie de la Provence. Cette structure morcelée semblait « peu satisfaisante » à Marcel Bertrand (³).

(¹) *Bull. Soc. géol. Fr.*, 3ᵉ série, 19, 1891, p. 1141.
(²) *Op. cit.*, p. 1147.
(³) *Bull. serv. Carte géol. Fr.*, nº 68, 1899, p. 2.

Cependant, malgré l'exemple du pli de Glaris, on ne peut appliquer ici l'hypothèse d'une grande nappe de recouvrement : j'ai pu en effet vérifier l'enracinement de tous ces brachyanticlinaux. Il paraît certain que les plis du Grand Sambuc et d'Artigues, couchés vers le Nord, sont des plis provençaux d'âge Éocène supérieur; je pense par contre que ceux de Lingouste et de Mont-Major, probablement esquissés à l'état d'anticlinaux dès cette époque, ont été repris et déversés au Sud lors de mouvements alpins.

GÉOLOGIE. — *Observations morphologiques au Scoresby-Sund.* Note de M. **J. P. Rothé**, présentée par M. Ch. Jacob.

Le Scoresby-Sund, sur la côte Est du Groenland, a déjà fait l'objet de plusieurs études géologiques ([1]); mais, faute de cartes topographiques, la morphologie en est peu connue. J'ai pu, au cours de la mission française de l'Année Polaire, y recueillir les observations suivantes.

La Terre de Liverpool apparaît, vue de l'Est, comme tronquée par une surface extrêmement nette qui monte lentement vers le Nord : elle passe de 309^{m} d'altitude environ au Cap Hope à plus de 1400^{m} au Mont Wegener, à 20^{km} au Nord. C'est sur elle que repose l'inlandsis qui couvre la partie septentrionale de la Terre de Liverpool. Cette surface se retrouve dans les sondages faits en mer, cette année, par l'expédition Lauge Koch, qui ont montré que le fond du fjord s'abaisse régulièrement jusqu'à — 600^{m} à la base des escarpements basaltiques de la côte Sud du Scoresby-Sund. C'est encore cette surface qui tronque les terrains sédimentaires de la Terre de Jameson, depuis le Fossil Bjerget jusqu'au rivage du Halls Inlet, où elle disparaît sous les terrains erratiques et alluviaux quaternaires. On la retrouve enfin dans le Milne Land où elle forme le soubassement visible des basaltes. L'âge de ce vaste plan incliné se trouve limité entre le Jurassique supérieur du cap Leslie et l'Yprésien fossilifère qui a été reconnu au cap Dalion à la base des basaltes tertiaires ([2]).

Le massif ancien de la Terre de Liverpool présente au Sud une topographie molle, avec des plateaux occupés en partie par des glaciers en dômes; tandis que plus au Nord, les formes ont un caractère de jeunesse très accentué constituant un territoire à allure alpestre. La surface d'érosion

([1]) A. Rosenkrantz, in *The Geology of East Greenland*, by Lauge Koch (*Medd. om Grönland*, 73, 2e Partie, 1929, p. 136).

([2]) J. P. Ravn, *Medd. om Grönl.*, 27, 1902, p. 95.

sous-basaltique est ici découpée, attaquée, et se situe au-dessus des sommets en aiguilles de ce massif dont l'âpreté tient à la fois à la présence du granit qui en constitue le noyau central, à une altitude plus forte due au mouvement de bascule de la surface, qui l'a surélevée au Nord, et à la proximité des niveaux de base de l'Hurry Inlet et de l'Océan. Le relief est, surtout dans la partie méridionale, dissymétrique avec des vallons aux pentes Sud très abruptes, où se forment les niches, les cirques et les névés permanents, par l'accumulation de la neige grâce à la prédominance presque exclusive des vents venant du Nord et du Nord-Est. Cette topographie glaciaire actuelle se superpose aux traces visibles d'une glaciation plus générale et plus ancienne dont les vastes auges, aujourd'hui abandonnées par la glace, sont les témoins.

Une deuxième surface d'érosion est également visible sur les pentes Ouest de la Terre de Liverpool. C'est la surface que Nordenskjöld (¹) a appelée la « zone des roches moutonnées ». En réalité, cette surface, qui est particulièrement nette sur les parties gneissiques où elle est attaquée et sculptée en creux et bosses par la glaciation récente, disparaît sous les terrains secondaires de la Terre de Jameson. Cette surface présecondaire est probablement post-hercynienne, par analogie avec d'autres régions, une trace du mouvement hercynien se retrouvant peut-être dans une ligne de contact anormal que j'ai reconnue dans le Nord de l'Hurry Inlet au cours d'une exploration avec M. Backlund; cette ligne a une direction sensiblement Est-Ouest et fait chevaucher la masse gneissique du Nord sur le noyau central granitique.

La terminaison orientale, en falaise, de la Terre de Jameson est une *cuesta* tronquée, dont la hauteur augmente vers le Nord à mesure que l'altitude de la surface prétertiaire qui la couronne, s'élève. L'Hurry Inlet et son prolongement la Ryder Elv, situés tous deux à l'Est de la *cuesta*, jalonnent une dépression périphérique au massif ancien. Enfin l'extension ancienne du Secondaire sur la Terre de Liverpool est mise en évidence par l'existence, reconnue par Bj. Petersen, dans la Baie de Rosenvinge, d'un champ de fractures, où sont conservés les grès liasiques. Ainsi, par la répartition des terrains et le développement des surfaces morphologiques, peut-on voir dans l'histoire géologique de ce morceau de la bordure orientale du Groenland une analogie avec celle de l'Est de la France, au voisinage des Vosges hercyniennes.

(¹) O. Nordenskjöld, *Medd. om Grönl.*, 28, 2ᵉ Partie, 1907, p. 226.

GÉOLOGIE. — *La terminaison orientale du Massif primaire asturien et la structure de la région mésozoïque qui l'enveloppe vers l'Est.* Note de M. **Raymond Ciry**, présentée par M. Ch. Jacob.

J'ai montré antérieurement (¹) qu'entre Cervera de Pisuerga et La Robla, l'étroite marge crétacée comprise entre le Paléozoïque des Asturies et le Tertiaire du Bassin du Douro, *constituait le revêtement normal du massif ancien.*

Plus à l'Est, mis à part les environs immédiats de Cervera où s'introduisent quelques complications sur lesquelles je reviendrai, *les mêmes relations s'observent sur toute la bordure orientale du massif*, où la série mésozoïque est complétée à la base par du Permo-Trias, du Keuper, du Lias, du Jurassique moyen et du Crétacé inférieur et moyen, ceux-ci à faciès wealdien.

Entre Rueda et Cillamayor, cette série est encore très redressée au contact du Paléozoïque et même localement reprise dans des replis de bordure; mais à quelque distance du massif, elle devient rapidement subhorizontale.

A partir de Cillamayor, on voit les assises permo-triasique de sa base tourner vers le Nord et gagner progressivement les hauteurs de la Sierra de Brañosera et du Valdecebollas, pour coiffer complètement le Primaire. On les suit de là vers le Nord-Ouest, où elles couronnent les points culminants de la Peña Labra et de la Peña Sagra et viennent enfin se raccorder, sur la rive droite de la haute vallée du Rio Deva, près de Lebeña, avec les assises du même âge qu'y ont signalées MM. Bertrand et Mengaud (²).

Cette bande continue de Permo-Trias ceinturant le massif primaire, est elle-même enveloppée par les autres termes de la série, qui forment autant d'auréoles successives à plongement périclinal. Seul, le Keuper n'est représenté que sur une partie de la bordure; il disparaît vers le Nord, au Col Palombreras près de Reinosa, débordé par le Lias qui, à partir de ce point, repose directement sur le Permo-Trias.

Ce dispositif, caractéristique de l'ennoyage du massif ancien, est rendu plus évident encore par l'existence d'ondulations synclinales à la faveur desquelles le Keuper, parfois même le Lias et le Crétacé s'engagent vers

(¹) *Comptes rendus* 187, 1928, p. 987.

(²) *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 4ᵉ série, 12, 1912, p. 504.

l'intérieur du massif primaire. Les plus importantes sont celle de la Hermida au Nord et celle d'Abiado-Reinosa au Centre.

Au Sud, près de Cervera, existe dans le Primaire, une autre de ces digitations synclinales dont le flanc septentrional, poussé du Nord vers le Sud, chevauche le flanc méridional, peu développé longitudinalement et s'ennoyant brusquement vers l'Est. Les accidents de la bordure mésozoïque qui ont été signalés dans cette région et qui ont fait penser à l'existence possible de grands charriages, sont en relation avec cette disposition et se résument en un empilement de deux écailles mésozoïques, plongeant au Nord vers le Primaire du flanc septentrional et chevauchant au Sud la couverture du flanc Sud ennoyé. Ainsi que le montre leur étude détaillée vers l'Est, où, la structure se régularisant, on voit l'écaille Nord passer à la couverture normale du massif, l'autre au revêtement anticlinal du flanc méridional, ces accidents résultent simplement d'un resserrement local de la digitation.

Le Massif paléozoïque asturien apparaît donc comme un pli de fond qui s'ennoie périclinalement vers l'Est en même temps qu'il montre une tendance générale au déversement vers le Sud.

Dans le cadre où je l'ai étudié ([1]), le domaine mésozoïque et tertiaire, qui enveloppe vers l'Est et le Sud-Est le Massif ancien des Asturies, correspond dans l'ensemble à une vaste carapace anticlinale.

Trois zones principales peuvent y être distinguées :

a. Dans le Sud, en bordure du Bassin tertiaire du Douro, se rencontre une première zone étroite, violemment plissée, de direction NW-SE et qui prolonge les accidents du front méridional du massif primaire. Au voisinage du massif, tous les accidents, souvent très compliqués, qui jalonnent cette bande — Écailles de Valdespinoso, Pli couché et lambeau de recouvrement du Haut-Ritobas, Écailles du Barrio San Pedro, de Villela, de Amaya, etc. — sont nettement déversés vers le Sud. A l'extrémité orientale de la bande au contraire, ils prennent l'allure de refoulements verticaux avec montées de Keuper diapirique.

b. La deuxième zone occupe la plus grande partie de la région. Elle est constituée par des terrains subtabulaires ou faiblement ondulés, qui se disposent en auréoles, autour de l'ennoyage du massif paléozoïque. Une longue ligne de dislocation, offrant les caractères d'une faille oblique à voussoir septentrional chevauchant, la parcourt, du Nord-Ouest au Sud-Est, dans toute sa longueur depuis Lomilla jusqu'au delà de Montorio.

([1]) Ce cadre est limité au Sud par le Bassin tertiaire du Douro, à l'Est par le méridien de Poza de la Sal, au Nord par une ligne passant par Reinosa, Cilleruelo et le Castro de Valnera.

c. La région des bassins tertiaires du Valdivielso et de Mundoval constitue enfin la troisième zone dans laquelle, à côté de ces bassins à fond plat et à versants flexurés, se développe une série de plis plus ou moins aigus, de direction toujours NW-SE, montrant une tendance au déversement vers le Sud. Tels sont les anticlinaux de Lova, de Colina, du Alto San Cristobal, les dômes de Dobro, de Huidobro, de Rucandio, etc.

La constance des directions asturiennes NW-SE et la tendance générale au déversement vers le Sud caractérisent tous les accidents des diverses zones de cette carapace, dont les grandes lignes structurales apparaissent ainsi étroitement liées au dispositif tectonique du massif ancien.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur les enveloppes d'isobares* (1).
Note (2) de M. G. **Dedebant**, transmise par M. E. Fichot.

1. Une isobare de cote déterminée P_0, dont l'équation est

$$P(x, y, t) = P_0,$$

n'est autre chose, analytiquement parlant, qu'une courbe dépendant d'un seul paramètre t. Comme telle, elle admet une enveloppe dont l'équation s'obtient en éliminant t, entre l'équation de l'isobare et l'équation « adjointe » :

$$\frac{\partial P}{\partial t}(x, y, t) = 0.$$

Celle-ci représente pratiquement la ligne de *tendance nulle*. Les points *caractéristiques* d'une isobare sont donc des points d'intersection avec la ligne de tendance nulle.

D'où :

Règle des enveloppes. — Aux points communs d'une isobare et de la ligne de tendance nulle, l'isobare se meut (d'une manière instantanée) parallèlement à elle-même.

La vitesse du point caractéristique sur l'enveloppe s'obtient en différentiant l'équation adjointe, ce qui donne

$$\frac{\partial^2 P}{\partial x\,\partial t}dx + \frac{\partial^2 P}{\partial y\,\partial t}dy + \frac{\partial^2 P}{\partial t^2}dt = 0.$$

---

(1) Voir *Comptes rendus*, **185**, 1927, p. 359; **189**, 1929, p. 1901; **194**, 1932, p. 1673; **196**, 1933, p. 1736.

(2) Séance du 27 novembre 1933.

D'où, en prenant l'enveloppe comme ligne de coordonnées $x(dy=0)$:

$$\frac{dx}{dt} = -\frac{\frac{\partial^2 P}{dt^2}}{\frac{\partial^2 P}{\partial x\,\partial t}}.$$

2. La considération des directions de déplacement des points caractéristiques va nous conduire à un criterium très simple, pour juger si un individu isobarique se creuse ou se comble.

Lorsque ces vitesses de déplacement sont *parallèles* à la trajectoire du centre, on en déduit que les isobares ne s'agrandissent ni ne se rétrécissent, donc que l'individu isobarique examiné n'évolue pas.

Si, au contraire, elles *divergent* par rapport à la vitesse du centre, les isobares s'agrandissent et l'on a *creusement* (s'il s'agit d'une dépression) ou *renforcement* (s'il s'agit d'un anticyclone).

Si elles *convergent*, les isobares se rétrécissent, donc *comblement* (dépression) ou *affaiblissement* (anticyclone).

Ces remarques permettent de prolonger l'étude de l'évolution au delà du centre, dont la tendance manque souvent sur les cartes.

3. *Isobares sans enveloppe.* — Il peut arriver que la ligne de tendance nulle ne coupe pas certaines isobares. Celles-ci n'ayant pas de points caractéristiques réels n'ont pas de points communs réels avec leurs positions immédiatement futures. Ces positions sont donc tout entières extérieures ou tout entières intérieures aux positions actuelles.

Il y a alors *évolution sur place* sans déplacement (ou du moins : faible déplacement masqué par l'évolution). Ce sera un creusement ou un comblement, selon le signe des tendances à l'intérieur des isobares considérées.

La formule de la vitesse normale d'une isobare ([1]) convient particulièrement à ce cas, pour apprécier la vitesse d'extension ou de rétrécissement de l'isobare.

4. L'évolution, dont on peut juger par la convergence ou la divergence des enveloppes, n'est pas la même que celle définie dans notre précédente Communication : l'évolution barométrique ([2]).

Celle-ci éliminait l'évolution *apparente* due au déplacement de la perturbation dans un champ stable de relief non uniforme.

([1]) *Loc. cit.*

([2]) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1736.

Celle-là mélange au contraire cette évolution apparente à l'évolution propre.

Pour effectuer la séparation, reprenons la formule donnant l'évolution propre (¹)

$$\frac{\delta\varphi}{\delta t} = \frac{\partial\rho}{\partial t} + \Omega\frac{\partial\rho}{\partial x}.$$

x est la direction de migration, définie par les noyaux. En un point caractéristique

$$\frac{\partial P}{\partial t} = 0.$$

Donc

$$\frac{\delta\varphi}{\delta t} = \Omega\frac{\partial P}{\partial x}.$$

Pour juger de l'évolution propre, il suffit donc d'examiner la convergence ou la divergence des enveloppes, non plus par rapport au déplacement du centre, mais par rapport à la direction de migration définie par les noyaux.

PALÉONTOLOGIE. — *Remarques sur les Chéloniens fossiles de la famille des Amphichélydés*. Note de M. **F.-M. Bergounioux**, présentée par M. Ch. Jacob.

Les premiers Chéloniens connus ont été classés dans la famille tout entière fossile des Amphichélydés, définie par le paléontologiste américain Hay (²), qui l'a considérée comme le tronc primitif d'où auraient divergé les deux grands groupes de Chéloniens qui ont subsisté jusqu'à nos jours : Athèques et Técophores. Pour étayer sa manière de voir, M. Hay avait tout d'abord remarqué, d'une façon d'ailleurs fort ingénieuse, que les écussons supplémentaires (supra-marginaux), observés sur la carapace dermique de *Triassochelys*, *Proganochelys* du Keuper germanique, portaient, au nombre de sept rangées grossièrement parallèles dans le sens longitudinal, les écussons cornés de la carapace des Amphichélydés, Ce fait, mis en relation avec les sept rangées parallèles de tubercules osseux rencontrés sur la carapace de cuir des tortues Athèques, était invoqué en faveur de

(¹) Voir note (²), page 1448.

(²) O. P. Hay, *Bull. American Mus. His. Nat.*, 21, 1905, p. 137.

l'établissement de la descendance des Athèques par rapport aux Amphichélydés. Il est à peine besoin de signaler ce que ce rapprochement a de superficiel. On ne saurait, en effet, assimiler à la carapace des Athèques, qui n'a aucun rapport avec l'endosquelette absolument indépendant de cette couverture, le bouclier dorsal des Técophores qui fait partie intégrante du squelette au point qu'il est impossible dans une plaque costale osseuse de déterminer ce qui appartient en propre à la côte et à la carapace. Les Amphichélydés font sans contestation possible partie des Técophores. Il apparaît donc impossible de soutenir qu'ils sont à la base des Athèques.

On ne saurait soutenir davantage que c'est à partir des Amphichélydés que se sont différenciées les deux grandes familles de Técophores, Pleurodires et Cryptodires. En fait, bien peu de différences séparent les Amphichélydés des Pleurodires; la plupart des caractères de classification sont communs à l'un et à l'autre des groupes : tête non rétractile sous la carapace, le cou se déplaçant latéralement dans un plan horizontal; sur le plastron ventral, présence de mésoplastrons de formes variées et d'écussons dermiques intergulaires. Enfin, la ceinture pelvienne est unie par suture osseuse à la carapace dorsale et au plastron ventral; chez *Triassochelys*, l'absence de suture osseuse entre le pelvis et la carapace n'a jamais été constatée d'une manière certaine.

Tous ces caractères me portent à penser que les Amphichélydés, premiers Chéloniens, sont des ancêtres directs des Pleurodires et non pas, comme le soutient encore la dernière révision anglaise du Traité classique de Zittel, parue en 1932, le tronc primitif d'où auraient divergé les branches latérales formant les familles aujourd'hui connues.

Dès lors se trouve confirmée par un nouvel argument la classification générale des Chéloniens que j'ai proposée ici même ([1]). La distinction des deux groupes Athèques et Técophores paraît absolue, aucun groupe fossile ne permettant de passer logiquement de l'un à l'autre. Il est légitime d'établir au sein des Técophores une division dichotome en Pleurodires et Cryptodires, les premiers ayant dans la famille des Amphichélydés leurs ancêtres directs. La division des Cryptodires en Lépidodermes et Gymnodermes se soutient aussi, en faisant remarquer toutefois que l'acquisition des écussons dermiques par les Gymnodermes s'est sans doute effectuée dans le curieux groupe des Carrettochélydés dont la classification avait

([1]) *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 1407.

jusqu'à ce jour présenté beaucoup de difficultés; ce groupe, en effet, contemporain des *Trionyx* éocènes, en possède tous les caractères, mais il a déjà une armature d'écussons dermiques de très faible épaisseur.

PALÉOBOTANIQUE. — *Observations sur les flores houillères de Pensylvanie (régions de Wilkes-Barre et de Pittsburgh).* Note de MM. **W.-C. Darrah** et **P. Bertrand**, présentée par M. Ch. Barrois.

I. Dans la région de Wilkes-Barre (bande nord des anthracites), la formation de l'Allegheny mesure environ 100^m d'épaisseur et comprend de bas en haut les couches : Red Ash, Ross, Bennett, Baltimore, Lance. Baltimore (ou Big Seam) représente la célèbre couche Mammouth de la bande médiane et de la bande sud des anthracites. La flore que nous avons recueillie au toit de ces couches offre les caractères suivants : extrême abondance du *Neuropteris (Mixoneura) ovata* Hoffmann; présence très nette des *Mariopteris*, notamment de *M. nervosa* Brongn.; présence de *Pecopteris* stéphaniens : *P. unita*, *P. Plückeneti*, *P. polymorpha*, *P. lamurensis* (= *P. vestita* Lx.), ce dernier très abondant au toit de Bennett; fréquence de *Sphenophyllum majus* et *S. emarginatum*. Pas de *S. oblongifolium;* fréquence des Sigillaires cannelées en certains points : *S. tessellata*, *S. cf. elongata*, *S. lævigata*.

Ces caractères sont ceux de l'assise de la Houve (Flambants supérieurs de Sarrebrück), c'est-à-dire de l'assise la plus élevée du Westphalien (Westphalien D). Il faut signaler en outre la fréquence du *Neuropt. Scheuchzeri*, mais dans l'appréciation des flores américaines, on doit faire abstraction de cette espèce, qui est également fréquente dans les formations de Monongahela et de Conemaugh.

Nos observations sont en complet accord avec celles de M. David White, qui a publié des listes détaillées des espèces recueillies dans la formation de l'Allegheny, tant en Pensylvanie que dans la Virginie occidentale (*Bul. Soc. Géol. Améric.*, 11, 1900, p. 145-178).

II. Nous avons pu étendre nos observations aux formations de Conemaugh et de Monongahela, qui surmontent l'Allegheny dans la région de Pittsburgh. La flore du Conemaugh inférieur (épaisseur : 100^m) est peu différente de celle de la couche Lance : elle renferme en abondance : *N. ovata*, *P. lamurensis*, *et N. Scheuchzeri*, mais on y constate la présence de *Sphenophyllum oblongifolium* et jusqu'ici on n'y a pas trouvé de *Mariopteris*.

Le Conemaugh supérieur et le Monongahela (ensemble : 250m d'épaisseur au maximum) sont caractérisés par les espèces suivantes : *Lescuropteris Moori* Lx, *Odontopteris Reichi* et *O. aff. Reichi*, *Alethopteris Grandini* (même forme qu'à Saint-Étienne et dans le Gard), *S. oblongifolium* et *S. tenuifolium*, des *Pecopteris* stéphaniens nombreux et variés, *Sigillaria Brardi*, etc. Cette flore est franchement stéphanienne, bien qu'elle ne renferme pas les nombreux *Odontopteris* et *Callipteridium* que l'on rencontre en Europe. Les *Walchia* y font leur apparition dès le bas. Le *Neuropteris ovata* diminue manifestement de fréquence dans cette série, mais est remplacé progressivement par le *Mixoneura neuropteroides* Göppert.

III. Au Monongahela se superpose normalement la formation de Dunkard, que l'on trouve notamment : dans les comtés de Greene et de Washington (Pensylvanie), dans le sud-est de l'Ohio et dans le nord-ouest de la Virginie occidentale. M. D. White a montré que la flore du Dunkard, riche en *Callipteris*, en *Tæniopteris* et en *Walchia*, est une flore autunienne.

IV. Nous rappellerons enfin que la formation de l'Allegheny repose sur le Conglomérat de Pottsville, sommet de la série de Pottsville. Les travaux de M. D. White (1900) ont établi que la série inférieure de Pottsville représente le Westphalien A (avec peut-être un peu de Namurien à la base), caractérisé par le *Neuropteris Pocahontas* D. White; elle renferme des formes proches parentes de *Sphenopt. Hœninghausi*, *N. Schlehani* et *Mariopteris acuta*, sinon même identiques. La série supérieure de Pottsville, intercalée entre les assises A et D et renfermant des *Neuropteris* des types *N. gigantea*, *N. pseudogigantea* et *N. flexuosa* Sternb., représente par conséquent les assises B et C du Westphalien d'Europe. L'assise C serait toutefois extrêmement réduite en Pensylvanie. La série de Pottsville mesure 400m d'épaisseur au maximum dans la région de Pottsville.

Ces dernières conclusions découlent directement des travaux de M. D. White sur les flores houillères et permiennes d'Amérique (1897-1905), qui permettent donc d'établir une corrélation précise avec la série stratigraphique européenne. Certaines circonstances rendaient cette corrélation très difficile : d'une part de nombreuses espèces américaines sont différentes des nôtres; d'autre part, l'étude des flores houillères de l'Europe occidentale n'était pas assez avancée en 1905. Malgré les travaux de R. Zeiller, il subsistait une lacune due à notre connaissance insuffisante de la flore des couches de Sarrebrück.

PHYSIOLOGIE. — *Les teneurs en calcium des muscles striés et du foie chez les Cobayes normaux, inanitiés ou atteints de scorbut aigu et de scorbut chronique.* Note de M[lle] **A. Michaux**, présentée par M. E. Leclainche.

Nous avons constaté, dans une Note précédente (1), que la teneur en calcium du *sang total* s'élève notablement au cours du scorbut aigu et chronique, malgré une diminution sensible du nombre des éléments sanguins, leucocytes et surtout hématies, une assez forte augmentation de la teneur en eau (2) et, dans le *plasma*, des variations peu marquées du taux calcique (3). Ayant également observé une diminution importante des quantités de calcium éliminées par la voie rénale, nous avons recherché si les teneurs en cet élément des muscles des membres et du foie étaient aussi modifiées au cours de l'avitaminose C.

Ces tissus ont été prélevés sur des Cobayes recevant soit des régimes complets naturels ou artificiels [régime scorbutigène de M[me] Randoin (4), contenant 4, 4,5 ou 5 pour 100 de lactate de chaux complétés par 2 ou 3^{cm^3} de jus de citron ordinaire ou décitraté], soit le même régime scorbutigène additionné ou non de $0^{cm^3},75$ de jus de citron décitraté afin de provoquer un état scorbutique chronique ou aigu, soit uniquement de l'eau distillée.

Le fer et le magnésium de ces tissus ont été éliminés par le procédé de M. Javillier et D. Djelatidès (5) et le calcium a été titré au permanganate de potassium. *Pendant les* 15 *heures qui précédèrent la mort de tous les Cobayes, ceux-ci ne reçurent exclusivement que de l'eau.*

Résultats. — I. La diète hydrique imposée pendant quelques heures explique les teneurs relativement faibles trouvées dans les *muscles* des Cobayes recevant le régime naturel, les moyennes calculées pour 1000^g de tissu frais et sec étant respectivement de $0^g,057$ et $0^g,267$ de calcium. Ces moyennes sont de $0^g,233$ et $1^g,023$ chez les Cobayes qui, après avoir été soumis au régime artificiel complet *renfermant* 5 *pour* 100 *de lactate de chaux*, présentent tous des symptômes de scorbut. Chez les inanitiés, les teneurs moyennes sont égales à $0^g,310$ à $1^g,311$.

---

(1) M[lle] A. Michaux, *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 865.

(2) M[me] L. Randoin et M[lle] A. Michaux, *Comptes rendus*, **188**, 1929, p. 729.

(3) M[me] L. Randoin et M[lle] A. Michaux, *C. R., Soc. Biol.*, **100**, 1929, p. 11.

(4) *Bull. Soc. Chim. biol.*, **5**, 1923, p. 806.

(5) *Ann. Falsif. et Fraudes*, **24**, 1931, p. 133.

Plus la ration *scorbutigène* est riche en calcium, plus les taux calciques des muscles s'élèvent *dans les cas graves de la maladie aiguë ou chronique*, où les moyennes atteignent respectivement 0^{g},407 et 0^{g},353 pour 1000^{g} de tissu frais et 2^{g},114 et 2^{g},236 pour 1000^{g} de tissu sec. Cette rétention, ainsi que les données précédemment acquises, montrent que la composition chimique des muscles est profondément modifiée au cours du scorbut : diminution de la teneur en potassium, élévation notable des teneurs en chlore, sodium et calcium, variations peu importantes du taux du phosphore.

II. Les taux calciques trouvés dans le *foie* de tous les Cobayes soumis aux régimes artificiels (complets et scorbutigènes) et à l'inanition hydrique sont sensiblement égaux entre eux et plus faibles que ceux qui ont été obtenus chez les Cobayes recevant la ration naturelle.

	Teneurs en calcium pour 1000^{g}			
	de muscle frais.	de muscle sec.	de foie frais.	de foie sec.
Cobayes soumis : a. Au régime naturel.				
	0^{g},055	0^{g},251	0^{g},108	0^{g},414
	0,057	0,255	0,125	0,477
	0,061	0,295	0,133	0,532
Moyennes.....	0,057	0,267		
b. Au régime scorbutigène (4 % lactate de chaux) + 2$^{cm^3}$ jus de citron.				
	0,110	0,506	–	–
c. Au régime scorbutigène (4,5 % lactate de chaux) + 3$^{cm^3}$ jus de citron.				
	0,047	0,192	0,068	0,234
d. Au régime scorbutigène (5 % lactate de chaux) + 2$^{cm^3}$ jus de citron.				
Scorbut léger.	0,214	0,965	–	–
e. Au régime scorbutigène (5 % lactate de chaux) + 3$^{cm^3}$ jus de citron décitraté.				
Scorbut léger.	0,237	1,007	0,042	1,393
	0,247	1,097	–	–
Moyennes.....	0,233	1,023		
f. A l'inanition hydrique.				
	0,316	1,240	–	–
	0,331	1,362	0,073	0,304
	0,282	1,332	0,050	0,198
Moyennes.....	0,310	1,311		

	Teneurs en calcium pour 1000g			
	de muscle frais.	de muscle sec.	de foie frais.	de foie sec.
Cobayes soumis : g. Au régime scorbutigène (4 pour 100 lactate de chaux).				
	$0^{g},248$	$1^{g},216$	–	–
	0,204	1,294	–	–
h. Au régime scorbutigène (5 pour 100 lactate de chaux).				
	0,189	0,966	–	–
Scorbut grave.	0,306	1,261	$0^{g},066$	$0^{g},255$
	0,446	**2,317**	0,071	0,270
	0,468	**2,763**		–
Moyennes.....	0,407	2,114		
i. Au régime scorbutigène (5 pour 100 lactate de chaux) + $0^{cm^3},75$ jus de ctron décitraté.				
	0,065	0,541	–	–
	0,105	0,741	–	–
	–	–	0,065	0,282
Scorbut grave.	**0,282**	**1,657**	0,062	0,279
	0,350	**1,807**	–	–
	0,427	**3,246**		–
Moyennes.....	0,353	2,236		

PHYSIOLOGIE. — *Le potassium, élément adrénalinogène.*
Note de M. **René Hazard**, présentée par M. A. Desgrez.

L'action hypertensive que peut exercer le chlorure de potassium injecté au chien par la voie intraveineuse n'apparaît guère pour les doses de $0^{g},01$; elle est peu marquée par la répétition de ces doses; elle ne se développe bien que par l'injection rapide de $0^{g},015$ à $0^{g},020$ par kilogramme que l'on ne peut mettre en œuvre le plus souvent qu'après avoir préalablement protégé le cœur contre son intoxication brutale par le potassium [1].

---

[1] Cette protection peut être réalisée par le camphre et ses dérivés sulfonés (Jeanne Lévy et A. Beaune, *Bull. des Sc. pharmacol.*, **39**, 1932, p. 217). Elle l'a été dans ces expériences par l'injection plusieurs fois répétée de $0^{g},01$ par kilogramme de chlorure de potassium, les doses faibles répétées diminuant la toxicité générale des doses fortes comme l'ont montré les auteurs ci-dessus.

Dans ces conditions on observe chez l'animal soumis à la respiration artificielle, après une phase de dépression plus ou moins marquée, même après vagotomie, des effets qui rappellent ceux de l'adrénaline : hypertension (avec accélération cardiaque et augmentation d'amplitude quand les vagues sont paralysés); vasoconstriction rénale (*fig.* 1); hyperglycémie.

Ces effets peuvent être renouvelés plusieurs fois de suite.

Ils sont d'origine sympathique car l'hypertension est remplacée par l'hypotension chez l'animal d'abord soumis à l'action de la yohimbine. Ils correspondent à une décharge d'adrénaline : après surrénalectomie on n'observe ni hypertension, ni vasoconstriction, ni hyperglycémie. Seule se manifeste alors l'action dépressive du potassium que ne vient plus combattre l'hyperadrénalinémie. Il en est de même d'ailleurs dans le cas de perfusion intraveineuse lente de chlorure de potassium chez l'animal normal.

L'excitation purement adrénalinogène provoquée par le potassium est d'origine périphérique. On peut l'observer après section des splanchniques. Elle se manifeste encore avec netteté quand la nicotine ou la spartéine ont paralysé les ganglions (1) et que seule peut s'exercer une action sur la glande elle-même ou plus vraisemblablement sur les terminaisons postganglionnaires du splanchnique dans la surrénale (2). Bien plus la spartéine renforce et prolonge l'action hypertensive et vasoconstrictive du potassium sans modifier son action hyperglycémiante, agissant ici sur l'adrénaline sécrétée comme sur l'adrénaline injectée (3). Elle semble même favoriser la

(1) La nicotine a été injectée à des doses suffisantes pour supprimer sa propre action hypertensive. La spartéine à des doses ($0^g,02$ à $0^g,04$ par kilogramme) qui suppriment l'effet hypertenseur nicotinique.

La suppression par la spartéine de l'action de la nicotine sur le cœur et l'intestin a été d'abord démontrée par Heathcote chez le lapin (*Journ. of Pharm. and exp. Ther.*, **27**, 1926, p. 431). Raymond-Hamet l'a ensuite étudiée chez le chien (*Comptes rendus*, **189**, 1929, p. 651; *Arch. Int. Pharm. et Ther.*, **38**, 1930, p. 382).

(2) Dans ces conditions, les cellules chromaffines ne seraient donc pas paralysées par ces alcaloïdes. Cette paralysie avait cependant été déduite par Anistchkow et Kusnetzow (*Arch. für exp. Path. u. Pharm.*, **137**, 1928, p. 180) de l'action de la nicotine sur l'excitabilité électrique directe de la surrénale, et par R. Hamet [voir note (1)] de l'action de la spartéine sur les effets de la nicotine.

La persistance de l'excitabilité directe ou nerveuse des cellules chromaffines par le potassium, après paralysie des ganglions, remet en question les rapports anatomiques entre ces ganglions et les cellules adrénalino sécrétrices.

(3) La spartéine renforce les effets cardiovasculaires de l'adrénaline (R. Hazard, *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 130 et 212), mais non ses effets hyperglycémiants (R. Hazard et R. Lardé, *Comptes rendus Soc. Biol.*, **112**, 1933, p. 550).

formation de l'adrénaline : chez le chien préalablement soumis à son action une première dose de $0^{g},01$ de chlorure de potassium par kilogramme exerce généralement une forte action adrénalinique alors qu'elle n'est guère efficace d'emblée chez l'animal non spartéinisé (*fig.* 2).

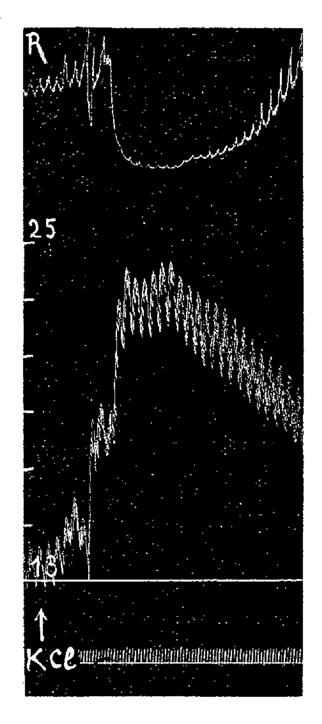


Fig. 1.

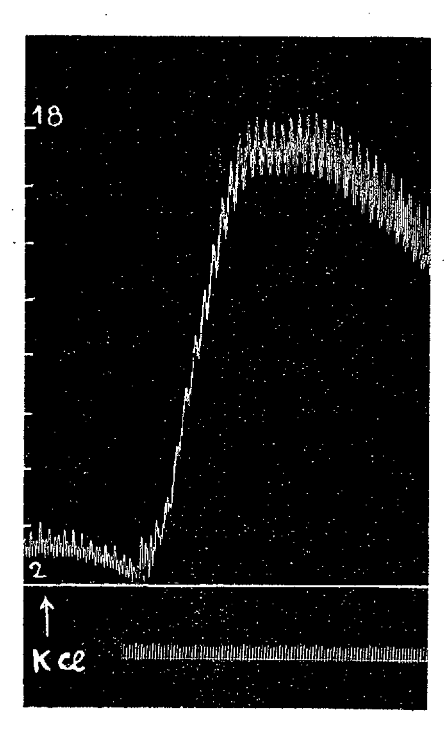


Fig. 2.

Fig. 1. — *Action vasoconstrictive et hypertensive du chlorure de potassium.* Chien ♀ $7^{kg},5$ chloralosé. Respiration artificielle. Vagues sectionnés. R = Tracé oncographique du rein. En dessous pression carotidienne avec traits repères en centimètres de Hg. En bas les temps en secondes. Après plusieurs injections intraveineuses de chlorure de potassium l'animal en reçoit (en ↑ KCl) une nouvelle de $0^{g},015$ par kilogramme. (Tracé réduit de 1/4.)

Fig. 2. — *Action hypertensive du potassium en présence de spartéine.* Chien ♂ $7^{kg},2$ chloralosé. Respiration artificielle. Vagues intacts. Pression carotidienne avec traits repères en centimètres Hg. En bas les temps en secondes. L'animal a reçu par la voie intraveineuse $0^{g},02$ de sulfate de spartéine par kilogramme. On lui injecte (en ↑ KCl) par la voie intraveineuse $0^{g},01$ de chlorure de potassium par kilogramme. (Tracé réduit de 1/4.)

Il semble donc que la spartéine en paralysant les ganglions du sphanchnique sensibilise à leurs excitants les terminaisons adrénalinosécrétoires de ce nerf comme elle le fait pour les terminaisons vasoconstrictives et pour les accélérateurs cardiaques.

Quoi qu'il en soit de cette hypothèse, on peut admettre que le chlorure de

potassium est capable d'exercer par la voie intraveineuse une action adrénalinosécrétoire pure, par excitation portée sur le splanchnique au delà des ganglions.

GÉNÉTIQUE. — *Sur la diversité de la constitution génotypique chez les Souris à queue normale.* Note de M. N. **Kobozieff**, présentée par M. M. Caullery.

L'étude de la coloration du pelage chez la Souris a montré la variation de la constitution génotypique des albinos (Cuénot, 1903; Castle et Allen, 1903; Dunn et Tinsele, 1932).

J'ai cherché, de même, si les Souris à queue normalement longue, phénotypiquement semblables, ne présentent pas également quelques différences génotypiques. Dans une Note sur la reproduction des Souris anoures (Dobrovolskaïa-Zavadskaïa et Kobozieff, *C. R. Soc. Biol.*, 97, 1927), nous avons montré que ces Souris sont toujours hétérozygotes. Croisées avec des Souris à queue longue, elles donnent, en F_1, une disjonction suivant le rapport $1 = 1$ (1 anormale pour 1 normale), mais les anormales ne sont pas toujours pareilles : à côté d'individus ressemblant au parent anoure, apparaissent souvent des animaux à queue plus ou moins courte.

Cette constatation suggère que le parent normal influe sur la structure des descendants anormaux et que, par suite, il peut y avoir des différences dans le patrimoine génotypique, concernant la queue, chez les souris d'origines diverses à queue normalement longue.

Pour le vérifier, nous avons utilisé des souris normales génétiquement connues, les unes N_m, provenant de parents ayant présenté des mutations de la queue, les autres N issues d'ancêtres n'ayant manifesté aucune mutation.

Les souris anoures prises pour les croisements avec ces souris normales étaient, tantôt complètement anoures A, tantôt des anoures à rudiment de queue osseux ne dépassant pas 3^{mm}, A_r.

Nous avons ainsi réalisé quatre types de croissements d'anoures avec des souris normales (voir le tableau) :

1° $A \times N_m$; 2° $A \times N$; 3° $A_r \times N_m$; 4° $A_r \times N$. — Les produits de ces quatre types de croisements ont été répartis en quatre groupes, d'après le degré de raccourcissement de la queue : *a. anoures* proprement dit; *b. formes subanoures* ayant une queue ne dépassant pas 5^{mm}; *c. brachyoures* B_r à

différents degrés (5-70^{mm}) et *d. souris à queue normalement longue* (70-95^{mm}). Nous avons calculé le pourcentage de chaque groupe par rapport au nombre total de souris à queue mutée.

Croisements.	$A \times N_m$.	$A \times N$.	$A_r \times N_m$.	$A_r \times N$.
Total des descendants	286	177	198	137
Nombre de portées	62	35	37	23
Nombre moyen de petits par portée	4,6	5,1	5,4	6,3
a. Nombre et (%) des anoures	51 (35,4)	36 (48)	33 (33,7)	12 (21,8)
b. Nombre et (%) des subanoures	28 (19,5)	8 (10,7)	10 (10,2)	4 (7,3)
c. Nombre et (%) des brachyoures (Br)	65 (45,1)	31 (41,3)	51 (56,1)	39 (70,9)
Total des anormaux	144	75	98	55
d. Nombre des descendants à queue normale	142	102	100	82

Le pourcentage d'anoures ressemblant à l'un des progéniteurs est moindre dans le croisement $A \times N_m$ que dans $A \times N$ (35,4 pour 100 et 48 pour 100 respectivement). Au contraire, pour les deux derniers croisements ($A_r \times N_m$ et $A_r \times N$), le pourcentage global d'anoures et de subanoures est moindre dans $A_r \times N$ que dans $A_r \times N_m$ (30,1 pour 100 et 43,9 pour 100 respectivement).

Les souris anoures accouplées avec les souris à queue longue sont de même constitution génétique, d'une part dans les croisements $A \times N_m$ (anoures), d'autre part, dans les croisements $A_r \times N_m$ et $A_r \times N$ (anoures à rudiment osseux.

Or, dans chacune des deux catégories, pour les séries $A \times N_m$ et $A \times N$, on constate une différence notable dans la fréquence d'apparition des mutations caudales chez la descendance.

Cette différence est due, semble-t-il, aux progéniteurs à queue longue. A vrai dire, le pourcentage d'anoures, moins élevé dans $A \times N_m$, est dû à ce qu'un certain nombre des N_m provenaient de parents brachyoures.

Au contraire, dans le croisement $A \times N$, seuls les progéniteurs anoures régissent la fréquence d'apparition des descendants anoures et brachyoures. Les progéniteurs N n'ont ici aucune influence sur le pourcentage des souris à queue mutée.

La fréquence plus élevée d'anoures (proprement dits et subanoures), dans la descendance des $A_r \times N_m$, par rapport au cas $A_r \times N$, semble due également aux N_m. Un certain nombre de ces derniers provenaient de parents anoures. Les anoures à rudiment osseux (ayant toujours plusieurs vertèbres

caudales) se comportent génétiquement comme des brachyoures. Ce sont eux seuls, dans le cas $A_r \times N$, qui régissent la fréquence des mutations caudales.

Les progéniteurs N n'introduisent aucun facteur mutationnel dans leur descendance.

Le tableau nous montre aussi d'une part : que dans les croisements $A \times N_m$ et $A_r \times N_m$, le nombre moyen de petits par portée est respectivement 4,6 et 5,4 et la proportion des sujets anormaux et normaux est exactement 1 : 1 (142 $A + B_r$ pour 144 N, et 98 $A + B_r$ pour 100 N); d'autre part, que dans les croisements $A \times N$ et $A_r \times N$, le nombre moyen de petits par portée est plus élevé (5,1 et 6,3) et la ségrégation n'est pas conforme aux prévisions théoriques; il y a une certaine prédominance des normaux par rapport aux anormaux (102 N pour 75 $A + B_r$ et 82 N pour 55 $A + B_r$. Ainsi les progéniteurs N tendent à modifier les proportions mendéliennes en faveur de souris normales.

Ces résultats ne peuvent être interprétés que si l'on admet que les souris à queue longue, malgré leur uniformité phénotypique, peuvent être différentes au point de vue de leur constitution génotypique.

TÉRATOGENÈSE. — *Production expérimentale de l'otocéphalie et des principales malformations de la face chez le Poulet.* Note de M. **Etienne Wolff**, présentée par M. M. Caullery.

J'ai montré récemment ([1]) que l'on peut obtenir à coup sûr des Poulets cyclopes, en irradiant, au stade 3 à 12 somites, la zone transversale comprenant l'ébauche du prosencéphale, et qu'en faisant varier, dans les limites de cette zone, la localisation, l'étendue et l'intensité de l'irradiation, on peut produire à volonté les différents types connus de cyclopes. J'ai cherché à appliquer la même méthode tératogène (technique des irradiations localisées d'Ancel et Wolff ([2]) à l'obtention expérimentale des otocéphales et des plus importantes malformations de la face.

Ce groupe de malformations est presque inconnu à l'état spontané chez les Oiseaux; moins rare chez les Mammifères, il n'a jamais encore été obtenu expérimentalement chez aucune espèce animale.

([1]) *C. R. Soc. Biol.*, **114**, 1933, p. 1032.
([2]) *C. R., Soc. Biol.*, **112**, 1933, p. 798.

I. *Monstruosités simples.* — Le moment le plus favorable au succès de l'expérience se place entre le stade 8 somites et le stade 15 somites. On irradie, de part en part, des zones céphaliques transversales de longueur variable, comprises entre la limite postérieure du prosencéphale et la région moyenne du rhombencéphale (extrémité antérieure du myélencéphale). Dans une série de 48 embryons opérés, sur 24 qui se développèrent au delà du septième jour (stade à partir duquel les malformations sont parfaitement caractérisées), 19 présentaient des malformations de la face, à savoir : 9 otocéphales, 4 cas d'atrophie des bourgeons maxillaires supérieurs, 5 macrostoma, 1 cas de fistule de la première fente branchiale.

a. Otocéphalie. — Ce type de monstruosité est consécutif à l'irradiation des territoires caudaux de la zone envisagée (région du métencéphale). Les monstres de cette catégorie sont caractérisés par l'*atrophie plus ou moins complète du demi-bec inférieur et de la langue;* dans les cas les plus accusés, les conduits auditifs externes communiquent avec la cavité bucco-pharyngienne, par suite de l'absence totale des dérivés du premier arc branchial. Dans les autres cas, les oreilles externes sont séparées de la fente buccale par les racines du demi-bec inférieur rudimentaire; il existe toutes les transitions entre l'agnathie et la micrognathie. (A ce groupe peut être rattaché le cas unique de fistule blanchiale, dû à une atrophie de la région caudale de l'arc mandibulaire.)

b. Atrophie des bourgeons maxillaires supérieurs. — L'intervention qui produit cette malformation est l'irradiation de la tranche céphalique située immédiatement en arrière des ébauches optiques (zone qui contient la partie antérieure du mésencéphale). Cette monstruosité est caractérisée par l'atrophie souvent complète de la région des joues, des paupières inférieures, et *des parties latérales du demi-bec supérieur.* La partie médiane du demi-bec supérieur, formée par le bourgeon frontal, est seule représentée : au point de vue de la formation du bec, cette monstruosité constitue donc exactement *la réplique de la cyclopie.*

L'analyse de ces deux malformations permet de discriminer avec précision la part du bourgeon frontal et celle des bourgeons maxillaires supérieurs dans la constitution de la région supérieure de la face.

c. Macrostoma ou bec-de-lièvre génien. — Ce type est obtenu par une intervention intermédiaire entre les conditions des deux types précédents, ou portant sur une zone plus étroite de la région du mésencéphale. Il est caractérisé par l'extension de la fente buccale en direction des oreilles externes.

Étant données les conditions de l'irradiation, les monstres présentent en outre des malformations (atrophies ou solutions de continuité) des éléments du système nerveux contenus dans la zone irradiée.

II. *Combinaisons de malformations.* — En réalisant simultanément les conditions des deux premiers groupes mentionnés, on obtient des otocéphales compliqués d'atrophie des bourgeons maxillaires supérieurs. On peut aussi combiner les conditions précédentes à celles qui déterminent la cyclopie.

a. Cyclopie superposée aux malformations précédentes. — Dans des expériences faites sur des embryons au stade 6 à 12 somites, l'irradiation a porté simultanément sur la zone du prosencéphale et tout ou partie de la zone du mésencéphale, dans quelques cas plus en arrière encore.

Sur 14 cyclopes qui se développèrent, 3 étaient otocéphales, 6 présentaient une atrophie des bourgeons maxillaires supérieurs ou le macrostoma, 3 autres étaient à la fois otocéphales et cœlosomiens (ces derniers consécutifs à une irradiation s'étendant jusqu'au pli cardiaque).

b. Opocéphales et triocéphales. — Comme dans le cas des cyclopes, on peut obtenir des monstres du groupe des otocéphales par des interventions plus précoces.

En irradiant l'extrémité céphalique, entre la 18e et la 24e heure d'incubation, j'ai obtenu, dans 3 cas, des monstres présentant à la fois des caractères de cyclope et d'otocéphale; ils diffèrent du groupe précédent par l'absence complète de différenciation des bourgeons faciaux (aucun rudiment du bec n'est visible), et par l'absence ou l'exiguïté de la fente buccale. Ils présentent en outre une atrophie plus ou moins complète de l'œil cyclopique et se rattachent aux groupes des Opocéphales et Triocéphales d'Isidore Saint-Hilaire.

Conclusion. — Les résultats qui viennent d'être exposés démontrent *pour la première fois* que l'on peut obtenir expérimentalement l'*otocéphalie et les malformations fondamentales de la face*, et qu'il est possible, suivant l'étendue et la localisation de l'intervention, de *séparer* ou de *combiner* les différentes malformations élémentaires.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *La transformation directe des nitrates en ammoniaque par le mycelium des Champignons inférieurs.* Note de MM. **D. Bach** et **D. Desbordes**, présentée par M. Béhal.

Il semble aujourd'hui admis par la grande majorité des physiologistes que les Végétaux, en particulier les Moisissures, n'assimilent l'azote nitrique qu'après l'avoir transformé en ammoniaque. Cependant, dans le cas des Moisissures, la démonstration directe de cette réduction n'a pas été fournie avec une rigueur suffisante. S. Kostytschew et E. Tswetkowa (1) l'ont sans doute observée avec l'*Aspergillus niger*, mais en milieu alcalin et dans des conditions qui ne sont pas normales pour ce champignon. G. Klein, M. Eigner et H. Müller (2) ont obtenu récemment des résultats plus sûrs. Nous avons réussi à mettre cette réduction en évidence, par la technique des cultures substituées.

Des myceliums d'*Aspergillus repens*, développés sur milieu peptoné, puis débarrassés par lavages de toute trace de la solution primitive, sont mis en contact avec un milieu complet renfermant $1^g,40$ d'azote nitrique par litre (N/10), 50^g de glucose, 20^g de ClNa, 20^g de citrate de soude (tampon du pH) et une constante minérale. Pratiquement, on opère dans des fioles coniques de 150^{cm^3}, sur des voiles de 4 jours, pesant environ $0^{cg},20$ et avec 25^{cm^3} de la solution nitratée renfermant 35^{mg} d'azote. Toutes les expériences sont faites en double, à la température de 27°.

On a d'abord vérifié que sur ce milieu, mais sans azote, il n'apparaît pas d'ammoniaque, même au bout de 5 jours de contact. L'ammoniaque de protéolyse ne vient donc pas troubler nos résultats expérimentaux. Dans un milieu très acide, à pH 1,61, qui représente la concentration maxima en ions H que l'*A. repens* peut supporter, on observe une transformation considérable de l'ion nitrique en ion ammoniacal, et la quantité d'azote ammoniacal apparu correspond assez bien au poids de l'azote nitrique disparu. On n'observe d'ailleurs aucune augmentation de poids du mycelium. La concentration en ions H a légèrement diminué : le pH est passé de 1,61 à 2,36 à la 113e heure.

---

(1) S. Kostytschew et E. Tswetkowa, *Z. f. physiolog. Chem.*, **111**, 1920, p. 171.

(2) G. Klein, A. Eigner et H. Müller, *Bioch. Zeitsch.*, **159**, 1926, p. 200.

Durée du contact.....	12h.	24h.	48h.	85h.	113h.
	mg	mg	mg	mg	mg
N/NO^3H disparu.....	1,24	0,96	3,52	2,96	3,02
N/NH^3 apparu.......	1,32	0,72	1,88	2,44	2,88
Poids du mycelium...	216	160	173	171	158

Dans une autre expérience, effectuée à pH 2,65, les résultats sont sensiblement du même ordre, avec, cependant, une formation plus considérable d'ammoniaque (près de 6mg à la 73e heure). Par contre, à pH 4,40 et au delà, il n'apparaît plus que des quantités négligeables d'ammoniaque; la consommation de l'azote nitrique devient considérable et les myceliums augmentent notablement de poids. Le tableau suivant résume une expérience effectuée à pH 6,16.

Durée du contact (en heures).........	12.	36.	60.	84.	110
N/NO^3H disparu (en mg).........	1,60	8,16	17,16	17,32	16,92
N/NH^3 apparu (en mg)...........	0,24	0,40	0,16	0,68	1,28
Poids du mycelium (en mg).......	215	276	416	368	425

Ces faits nous paraissent démontrer que le champignon est capable en présence du sucre, de transformer l'acide nitrique en ammoniaque, mais celle-ci ne passe dans le milieu extérieur que si le milieu est relativement acide. Quelques considérations physicochimiques peuvent suffire à l'expliquer.

L'ammoniaque apparue dans la cellule y prend un état de dissociation réglé dans le pH intérieur. Comme celui-ci se maintient dans une zone faiblement acide, NH^3 doit passer en partie à l'état de molécules non ionisées (NH^4OH) qui s'hydrolysent d'ailleurs en (NH^3) et (H^2O). L'ammoniaque sous la forme (NH^3) acquiert ainsi une certaine tension dans la cellule. On sait d'autre part que sous cette forme moléculaire, elle est très apte à traverser les pores de l'ultra-filtre que représente la membrane. Il y aura donc une exosmose de (NH^3) qui se poursuivra indéfiniment, car, aussitôt arrivées dans le milieu extérieur, très acide dans le cas envisagé, les molécules d'ammoniaque s'y dissocient intégralement. La tension de (NH^3) dans la cellule reste ainsi constamment plus élevée que dans le milieu extérieur, ce qui a pour résultat de provoquer sa sortie au fur et à mesure de sa formation. Le mycelium souffre ainsi d'une véritable faim en azote : il n'augmente pas de poids.

En milieu neutre ou faiblement acide, les conditions sont tout autres. Les premières quantités d'ammoniaque passées dans la solution extérieure ne s'y ionisent que faiblement : la tension de (NH^3) dans ce milieu acquiert vite une valeur assez élevée pour que toute nouvelle exosmose de molécules devienne impossible. Par voie de conséquence, la cellule conserve à sa disposition l'ammoniaque produite et peut ainsi effectuer sa synthèse protéique : le mycelium augmente rapidement de poids.

MICROBIOLOGIE. — *Le cycle évolutif des* Actinomyces *dans les cultures après passage à travers l'ultrafiltre de collodion.* Note [1] de MM. **A.** et **R. Sartory** et **J. Meyer.**

Nous avons démontré que l'on rencontre chez l'homme des affections actinomycosiques rappelant cliniquement des pseudo-tumeurs à évolution lente dans lesquelles les formes mycéliennes et les grains font complètement défaut. D'autre part les recherches expérimentales au moyen d'ultrafiltrats obtenus par passage à travers la bougie Berkefeld, inoculés ultérieurement ou par filtration à travers le sac de collodion implanté directement dans le péritoine des animaux ont prouvé que ces stades ultrafiltrables, par passages successifs sur l'animal, confèrent à celui-ci une maladie atypique, pour les premiers passages et une actinomycose typique avec présence d'éléments mycéliens dans les lésions, par la suite.

Nous avons jugé utile de reprendre ces études afin d'examiner dans des conditions rigoureuses la possibilité du passage d'éléments actinomycétiques à travers les membranes d'ultrafiltres. Nous avons employé la technique de préparation des sacs de collodion décrite par Malfitano et Sigaud [2]; la filtration a été opérée au moyen d'un appareil spécialement construit pour filtrer par aspiration sous une pression négative de 40 à 60^{mm} de mercure, avec toutes les garanties d'une asepsie rigoureuse.

Nous avons préparé des cultures d'une souche d'*Actinomyces bovis* Harz et d'autre part on a eu recours à une race pathogène isolée de prélèvements pathologiques.

---

(1) Séance du 27 novembre 1933.

(2) Malfitano et Sigaud, *Ann. Inst. Pasteur*, **43**, 1929, p. 190.

La marche de nos expériences peut se résumer de la façon suivante :

Partant de nos souches ensemencées sur milieu de Sabouraud glucosé solide de pH = 4,8, âgées de 21 à 28 jours, nous effectuons des cultures sur milieu liquide maltosé de Sabouraud (pH = 7,2). Ces cultures âgées de 48 heures sont employées après broyage au moyen de perles de verre, en présence de 15 pour 100 de glycérine stérile, pour effectuer l'ultrafiltration dans les conditions précitées, à une température de + 18°, pendant 4 heures.

L'ultrafiltrat est mélangé à parties égales avec une solution de peptone maltosée liquide de pH = 7,2. Ces milieux sont disposés en aérobiose et en anaérobiose : les premiers restent toujours stériles, ce qui prouve la rigueur de notre technique. Les cultures en anaérobiose stricte montrent à l'examen microscopique, après 4 jours, des colonies irrégulières constituées par des massues ou des bâtonnets boursouflés, plus ou moins amorphes, Gram-négatifs, avec des petites granulations à la limite de la visibilité, constamment Gram-positives. Nous croyons que ces stades peuvent être considérés comme des symplastes et les petits grains Gram-positifs doivent représenter des vestiges nucléaires. Sur milieu initial ces formes gardent toujours des propriétés définitivement fixées.

Mais par repiquages de ces cultures âgées de 4 à 10 jours sur milieu maltosé liquide (pH = 7,2), en aérobie, on obtient un trouble floconneux blanc grisâtre, constitué, à l'examen microscopique par des colonies Gram positives en bâtonnets ou en massues, irrégulières, cohérentes, et ramifiées, rappelant fortement les formes d'involution du Bacille diphtérique et que nous désignons sous le terme de formes pseudodiphtérique; ce stade est une phase évolutive à propriétés morphologiques non fixées.

Si l'on repique ces cultures âgées de 4 jours sur un milieu de Sabouraud glucosé solide, de pH 5,8 on obtient des formes pseudodiphtériques, Gram-positives, présentant des propriétés dynamogénétiques fortement accrues.

Si par contre on ensemence avec la même souche, agée de 10 jours cette fois, un milieu de Sabouraud liquide de pH = 7,2 on obtient des formes complètement atypiques ressemblant à des éléments streptococciques irréguliers. Des formes analogues ont été décrites par Lucksch ([1]) qui a effectué ses essais d'ultrafiltration au moyen de bougies Chamberland et Berkefeld. Ces stades ont des propriétés morphologiques très stables et

---

([1]) Lucksch, *Zentralbl. f. Bakt. u. Par. I, Orig.*, **117**, 1930, p. 1.

définitivement fixées; ils sont incapables de revenir aux formes initiales.

Les formes pseudodiphtériques obtenues sur les milieux de passage à pH acide, réensemencées sur le même milieu donnent naissance à des éléments ayant les mêmes propriétés morphologiques. En partant de ces cultures âgées de trois semaines au moins on obtient sur milieu de Sabouraud maltosé liquide de pH = 5,8, des formes toujours atypiques unicellulaires en longs bâtonnets renfermant deux grands corpuscules nucléaires et qui ont été décrites antérieurement par Lieske (1) et Antonioli (2) sous le terme d'éléments en T ou en double Y.

Ces formes munies d'un protoplasme très homogène, d'une double membrane, réensemencées sur milieu de Sabouraud glucosé ou maltosé solide de pH = 4,8 à 5,8 évoluent vers des stades rappelant le genre *Clostridium*, germent par production de bourgeons dans le sens de leur axe longitudinal. Finalement, ces éléments évoluent vers de petits filaments fortement ramifiés donnant naissance à des siphons actinomycétiques avec arthrospores et possédant des propriétés morphologiques fixèes (3).

De l'ensemble de ces recherches, nous pouvons conclure à l'existence :

1° D'éléments actinomycétiques capables de passer à travers la membrane de l'ultrafiltre de collodion;

2° D'un cycle évolutif des *Actinomyces*, caractérisé par les stades suivants : corpuscules intrafiltrants, stade « symplaste », stade pseudodiphtérique, stade pseudostreptococcique, stade biodynamogène en forme de T ou de double Y, stade filamenteux avec arthrospores;

3° De trois stades de ce cycle présentant des propriétés morphologiques stables : stade ultrafiltrant, stade pseudostreptococcique, stade filamenteux.

---

(1) *Handbuch der path. Org.*, 5, 1927-1928, p. 57; *Morphologie und Biologie der Strählenpilze*, Leipzig, 1921.

(2) *Contribution à l'étude des* Actinomycoses (*Th. Pharm.*, Strasbourg, 1932).

(3) Lucksch, *loc. cit.*

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Reproduction de la lèpre murine chez le cobaye et chez le lapin, traités par un extrait acétonique de bacilles tuberculeux.* Note de M. **J. Laigret**, présentée par M. Ch. Nicolle.

Parmi les procédés utilisés pour activer le développement de la tuberculose chez les petits animaux, l'inoculation intrapéritonéale de phosphate de chaux (van Deinse) a été employée, avec profit, par Cantacuzène et Longhin pour provoquer la multiplication du bacille de Hansen dans le péritoine des rats (1). A. Boquet, puis L. Nègre et J. Valtis ont montré qu'un extrait acétonique de bacilles de Koch, en injections sous-cutanées, augmentait la sensibilité du cobaye à la tuberculose (2).

Il y avait lieu de se demander si un extrait acétonique de tissus lépreux ou même l'extrait acétonique des bacilles tuberculeux ne permettraient pas le développement de la lèpre chez des animaux réfractaires. Cette idée m'a conduit à étudier les effets de différents extraits acétoniques sur la lèpre des rats et sur la lèpre humaine. Je rapporterai ici les premiers résultats, constatés sur des cobayes et lapins, inoculés avec la lèpre des rats, puis traités par l'extrait acétonique de bacilles de Koch.

Voici comment cet extrait a été préparé (3) :

J'ai utilisé la seule souche tuberculeuse que j'avais sous la main, celle de Calmette et Guérin. Deux cultures de B. C. G., en liquide de Sauton, âgées l'une de six, l'autre de quinze semaines, ont été stérilisées à l'autoclave à 120°. Les bacilles, lavés à l'eau distillée, puis desséchés, ont été repris dans l'acétone et abandonnés dans un flacon à billes qu'on agitait de temps en temps. La quantité d'acétone utilisée a été de 100^{cm^3} pour 1^g de bacilles secs; la durée de la macération de 48 heures. La suspension acétonique a été ensuite éclaircie par filtration sur papier Chardin, étendue d'un volume égal d'eau distillée et chauffée au bain-marie à 45° jusqu'à réduction au volume initial. On a obtenu finalement un liquide jaune, parfaitement limpide, ayant encore une forte odeur acétonique.

Quatre lapins et *quatre cobayes* ont été inoculés avec le broyage d'un lépromc de rat. Dans chaque série, deux animaux ont été inoculés *dans le*

---

(1) *Comptes rendus*, 19[illegible], 1932, p. 533.

(2) *Ann. Inst. Past.*, 46, 1931, p. 587.

(3) D'après les indications de J. Valtis.

péritoine et deux *sous la peau* du flanc droit. A partir du lendemain de l'inoculation, ensuite deux fois par semaine, chaque animal a reçu 1^{cm^3} d'extrait acétonique de B. C. G. sous la peau de l'une ou l'autre des pattes postérieures; par conséquent, loin du point d'inoculation du matériel virulent.

Les deux lapins inoculés de lèpre des rats *dans le péritoine* n'ont rien présenté à l'heure actuelle, vingt et unième jour. Ils ont reçu sept injections d'extrait acétonique. Ce traitement est continué.

Les deux cobayes, inoculés dans le péritoine, sont morts rapidement, l'un au sixième, l'autre au huitième jour de l'inoculation. Le premier seul était porteur de ganglions hypertrophiés : énorme masse ganglionnaire dans chaque région inguinale. Ces ganglions n'étaient pas caséeux; ils ne contenaient aucun bacille. Les deux cobayes montraient des bacilles nombreux dans l'épiploon, rares dans la rate; aucun dans le foie. Ces observations sont peu dignes d'intérêt. Les animaux n'avaient reçu que deux et trois injections d'extrait acétonique.

Au contraire, des remarques importantes ont été faites sur les animaux, inoculés avec le matériel lépreux, *sous la peau*.

Chez les lapins, on a constaté, le 18e jour dans un cas, le 21e jour dans l'autre, l'apparition de volumineuses nodosités caséeuses.

Le lapin 20 a présenté la première de ces masses au point de l'inoculation virulente; trois jours plus tard, d'autres masses sont apparues en des points éloignés. L'une située dans la région dorsale, près de la ligne médiane, a été ponctionnée; elle contenait de très nombreux bacilles, non dégénérés, groupés en paquets, comme le sont ordinairement les bacilles de Stefanski. L'animal est soumis à de nouvelles injections d'extrait acétonique.

Le lapin 21 n'a rien présenté au point d'inoculation de la suspension lépreuse. Les premières nodosités sont apparues dans la région lombaire; elles constituent, à la naissance de la queue, un amas de trois masses irrégulières, grosses comme une amande, un haricot, une lentille. Ce lapin a été sacrifié le 21e jour de l'inoculation, après six injections d'extrait acétonique. On a extirpé les nodosités caséeuses de la région lombaire; elles étaient bourrées de bacilles. Leur broyage a été utilisé pour des passages, actuellement en cours. Les viscères du lapin n'étaient pas envahis. Dans la région des pattes, où avait été injecté l'extrait acétonique, on n'a trouvé ni lésions ni bacilles.

Des deux cobayes, inoculés avec la lèpre murine sous la peau, l'un (*cobaye* 15) a présenté une grosse nodosité au point d'inoculation le septième jour; puis, au douzième, après quatre injections d'extrait, un gros ganglion inguinal à droite. La nodosité locale est caséuse et bourrée de bacilles. Le ganglion inguinal n'est pas caséeux; il contient, en nombre plus faible, des bacilles acido-résistants, d'aspect ordinaire, non dégénérés. L'observation et le traitement du cobaye 15 continuent.

Le *cobaye* 16 a montré, au même moment que le précédent, une volumineuse nodosité dans le flanc droit, au point d'inoculation. Cinq jours plus tard, des ganglions sont apparus dans les deux plis inguinaux avec, à droite, une chaîne de ganglions, reliant la lésion locale aux ganglions de l'aine. L'animal a été sacrifié le vingt-deuxième jour de l'inoculation. La lésion locale, caséeuse, était bourrée de bacilles. Les ganglions inguinaux, non caséifiés, étaient envahis, à droite et à gauche. Les viscères, normaux, ne contenaient pas de bacilles. On a constaté, en outre, chez ce cobaye, que les régions des pattes où avait été injecté l'extrait acétonique n'étaient ni lésées, ni même enflammées. Toutefois, en raclant le tissu sous-cutané à ce niveau, on a trouvé, des deux côtés, des bacilles acido-résistants non rares. Le matériel, prélevé sur ce cobaye, a été utilisé pour des passages actuellement en cours.

Il est impossible de prévoir comment évoluera l'infection lépreuse chez nos animaux, au cours des passages. Ce qu'on peut dire c'est que, sous l'action de l'extrait acétonique de bacilles acido-résistants, on obtient la multiplication et un début de généralisation de la lèpre des rats chez des animaux considérés jusqu'à présent comme réfractaires, cobaye, lapin. Il est intéressant de noter, en outre, que l'extrait utilisé a été préparé, non pas avec des produits lépreux, mais avec des bacilles tuberculeux (souche B. C. G.); ce qui montre, une fois de plus, la parenté de la lèpre et de la tuberculose.

CHIRURGIE. — *Traitement du choc opératoire par les sucs embryonnaires frais*. Note de MM. **Victor Pauchet**, **Pierre Rosenthal**, **Henri Bertreux**, présentée par M. Charles Richet.

Devant les résultats obtenus par l'un de nous (P. Rosenthal) dans les déficiences les plus variées avec les sucs embryonnaires administrés à l'état frais par les voies buccale et surtout rectale, nous nous sommes proposé d'appliquer cette méthode dans le traitement des chocs opératoires.

Cette expérience était d'autant plus intéressante à tenter que le choc réalise un état de déficience tout particulier qui pouvait servir de test à cette médication.

Les moyens thérapeutiques actuels ne se montrent pas toujours efficaces. La transfusion qui a de si éclatants succès à son actif dans les hémorragies non compliquées de choc ne donne pas toujours là les résultats escomptés.

Il était donc intéressant d'utiliser les produits opothérapiques à l'état

frais sous forme de sucs embryonnaires. Ces produits ne sont pas injectables, mais leurs principes actifs sont rapidement assimilés par les muqueuses buccale, nasale, vaginale, et surtout rectale.

Les extraits aqueux des tissus et organes des embryons de toutes les espèces animales sont riches en tréphones. Ces principes ont une action stimulante et cytogénétique sur toutes les cellules animales; nous avons choisi pour notre commodité les embryons de poulets. Nous les utilisons après 9, 10, 11 jours d'incubation. Nous prélevons les parties utiles que nous broyons très rapidement; nous ajoutons du sérum physiologique, nous dégrossissons par filtration et nous mettons en ampoules de 100^{cm^3}.

Toutes ces opérations doivent se faire aseptiquement et très rapidement. L'action stimulante remarquable disparaît vite, une manipulation trop longue, une variation du pH rendent le produit inactif.

Nous n'utilisons que des produits frais.

Le mode d'action des principes actifs des sucs embryonnaires est encore obscur. Ils semblent, entre autres, avoir une action directe sur les reins et provoquer une diurèse abondante.

Ces préparations pourront être utilisées préventivement pendant deux jours de suite avant l'opération : une ampoule de 100^{cm^3} par la voie rectale toutes les 24 heures. En cas de choc au cours de l'opération, administrer une ampoule par la voie rectale. A titre curatif, quand le choc s'est déclaré, le nombre d'ampoules sera de 2 à 4, une toutes les 3, 6 ou 12 heures.

Le mode d'administration par les voies naturelles que nous préconisons n'est jamais choquant et ne comporte aucune contre-indication. Toutes les déficiences cardiaques des opérés ne relevant pas du choc sont également justiciables de ce traitement avant, pendant et après l'acte chirurgical. Voici deux observations récentes prises dans le service du Dr Pauchet à l'hôpital Saint-Michel :

Première observation. — M. R., 38 ans, ulcus du duodenum antérieurement perforé; gastro-entérostomie marginale juxta-pylorique le 22 octobre. État de choc très prononcé, 2 ampoules de sucs embryonnaires par voie rectale à 3 heures d'intervalle. Le lendemain, le malade est euphorique, le pouls excellent.

Deuxième observation. — M. P., 40 ans, ulcère géant de la petite courbure jusqu'au cardia. Intervention longue, hémostase difficile (le 26 octobre). A 14^h état de choc très prononcé; à 20^h le malade est mourant : 1 ampoule de sucs embryonnaires par voie rectale. Le lendemain, le faciès est coloré,

le pouls est à 80; on administre une nouvelle ampoule; le 30 octobre le malade paraît guéri.

En somme, le traitement du choc opératoire par les sucs embryonnaires est intéressant par la rapidité de son action, la simplicité de son mode d'administration et son innocuité.

La séance est levée à 16h.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE PUBLIQUE ANNUELLE DU LUNDI 11 DÉCEMBRE 1933.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES RICHET.

En ouvrant la séance, M. **Charles Richet** prononce l'allocution suivante :

Messieurs,

Dès le début de l'année 1933 une première mort nous avait douloureusement frappés. Notre vice-président Augustin Mesnager a été en quelques jours enlevé par la maladie.

Mesnager fut non seulement un habile ingénieur, mais encore un savant mathématicien, ayant écrit sur la théorie de l'élasticité un Mémoire remarquable, dont les conclusions sont devenues classiques.

Il a imaginé la construction de petits schémas ingénieux : des blocs transparents qui, par la lumière polarisée, permettent de rendre visibles, et de mesurer avec précision les moindres modifications d'un solide homogène obligé de réagir à des forces extérieures. Cette méthode nouvelle est maintenant universellement adoptée.

De son œuvre pratique la principale est le grand pont de la Balme sur le Rhône, n'ayant qu'une seule arche de 95 mètres. Ce travail imposant a excité l'admiration universelle, autant par la beauté de la construction (prévue et confirmée) que par la grandeur de l'entreprise.

Nous aimions tous Augustin Mesnager, car sa modestie et son affabilité étaient exquises et égalaient son mérite.

Un autre deuil nous a atteints. Il s'agit d'un chirurgien éminent, Édouard Quénu, mort à la suite d'une longue maladie.

Élève indirect de Lister et de Pasteur, il fut un des premiers chirurgiens à pratiquer, avec Félix Terrier, dans toute sa rigueur, l'*asepsie*, bien supérieure à l'*antisepsie*. Il a pu régler, codifier pour ainsi dire, cette étonnante

asepsie qui permet de faire presque sans danger les opérations les plus audacieuses.

L'asepsie, quel bienfait inestimable! Que de milliers d'existences n'a-t-elle pas sauvées! Avant l'asepsie on n'osait toucher ni au péritoine, ni à la plèvre, ni aux méninges. Avant l'asepsie la mortalité opératoire était, pour la chirurgie des membres, de 30, 40, 50 pour 100. Elle est nulle maintenant, ou à peu près. Ce n'est pas Quénu qui a inventé l'asepsie, mais il l'a tellement perfectionnée, qu'elle est devenue sienne. Être le continuateur de Pasteur et de Lister, le propagateur de leurs doctrines, le sauveur de tant de blessés, c'est être encore très grand.

Ne pouvant entrer dans le détail des travaux de Quénu, je me contenterai d'en indiquer un des derniers, d'une ingéniosité extrême. Il s'agit de l'explication d'un phénomène étrange, que malheureusement pendant la grande guerre les chirurgiens ont eu trop souvent l'occasion de voir. C'est ce qu'on a appelé le *choc traumatique*.

Voici en quoi consiste le choc traumatique. Un blessé arrive, pâle, les yeux hagards, à demi-clos, avec un pouls à peine perceptible, respirant mal, dans un état d'épuisement tel qu'il ne peut plus se mouvoir. On ne doit pas accuser l'hémorragie, car il a perdu peu de sang. Nulles lésions profondes! Aucun organe essentiel n'est atteint! Et pourtant la mort est là, imminente! Quelle en est donc la cause?

Les théories n'ont pas manqué, comme bien on pense, mais l'explication de Quénu est la seule acceptable. L'attrition des tissus par une balle ou par un éclat d'obus a déterminé l'entrée (dans le sang) de certains tissus plus ou moins décomposés, dont les produits entraînés dans le sang ont amené une rapide intoxication du système nerveux. Donc il faut se hâter de débrider la plaie et d'empêcher la pénétration dans le sang des parcelles de ces albumines toxiques.

Vous connaissiez tous la probité sévère et digne, la loyauté, la droiture de ce grand chirurgien qui cachait une parfaite bonté sous des dehors un peu rudes.

Nous arrivons maintenant à la semaine fatale, pendant laquelle la mort *imbécile* a enlevé à notre respect et à notre admiration trois de nos plus glorieux confrères. Le 29 octobre, à une heure de distance, mouraient Painlevé et Calmette. Émile Roux mourut cinq jours après.

Paul Painlevé, né à Paris d'une famille parisienne, eut, tout jeune, une

carrière brillante. Il entra à l'École Normale, et s'y distingua aussitôt par de beaux travaux de mathématiques.

Je voudrais bien pouvoir vous parler des équations différentielles dont il a tant augmenté le domaine, mais j'aurais peur d'être méprisé pour ma monstrueuse ignorance par l'illustre confrère qui est à côté de moi. Je vous dirai seulement que les travaux de Painlevé ouvrent des voies nouvelles en mathématique, en mécanique, et même en cosmogonie.

Il fut donc nommé professeur à la Faculté des sciences, et, bien jeune encore, membre de notre Académie. Mais ce n'était pas pour lui un motif de repos, au contraire. Même, sans négliger ses brillantes leçons à la Faculté des sciences, il ne craignit pas d'aborder la politique. Enfant de Paris, il se présenta à la députation dans l'arrondissement qui l'avait vu naître, au cœur de Paris, c'est-à-dire au Quartier latin.

Il fut élu. Et alors, tout de suite, au Parlement où il était à peu près le seul membre de l'Institut, il prit une incontestée autorité, si bien qu'il devint ministre. Plus tard il fut président du Conseil dans les plus terribles moments de la guerre mondiale.

Ce n'est pas tout à fait la première fois qu'un savant a été appelé à diriger les affaires publiques. Il y a eu Cuvier, Freycinet, Berthelot. Mais c'est peut-être le premier cas, dans toute l'histoire, d'un mathématicien de génie appelé à diriger le gouvernement de son pays.

Lamartine dit quelque part : « Les hommes, dans leur basse jalousie, n'acceptent pas qu'une personne puisse exceller dans deux genres différents. La Nature est plus libérale ». L'exemple de Painlevé est là pour montrer qu'on peut être à la fois un grand géomètre et un puissant homme d'État.

Dans la carrière politique, brillante, de Painlevé, je voudrais surtout, relever ce fait mémorable qu'il a, malgré d'inouïes difficultés, pu réaliser ce qui dans la cruelle guerre était devenu indispensable, l'unité de commandement. Même il a fait choix — et le choix judicieux des hommes est une des premières vertus du politique — de deux grands soldats dont le talent et l'énergie ont assuré la victoire. Par lui, notre illustre confrère Foch fut nommé au commandement général de toutes les armées et Pétain au commandement des troupes françaises.

Painlevé a prévu, ce qui était rare alors, et ce qui est encore rare aujourd'hui, la puissance militaire, souveraine, de l'aviation. Combien il avait raison ! Dans la guerre future, si la folie humaine décrète une autre guerre, le premier rôle sera dévolu à l'aviation. Plus que l'infanterie, c'est l'aviation qui sera la reine des batailles.

Ministre des inventions pendant la guerre, il fit construire des tanks, ces *cuirassés de terre*, qui jouèrent un rôle décisif dans les combats de 1918.

Plus tard, quand la victoire eut récompensé l'héroïsme de nos soldats, il n'abandonna pas la politique, il resta au premier plan et chercha à développer ses conceptions généreuses sur la paix et la justice qui sont d'accord avec l'amour de la patrie et l'amour de l'humanité.

On peut comparer, et c'est une comparaison géométrique assez téméraire (mais elle s'applique à un géomètre), l'amour de la famille, de la ville natale, de la patrie et de l'humanité, à quatre cercles concentriques de plus en plus grands, qui, au lieu de se contrarier et de se couper, s'unissent harmonieusement pour devenir de plus en plus vastes et de plus en plus généreux.

Science, paix, patrie, justice, humanité, ce sont de grands mots. Quelques jeunes d'aujourd'hui, qui se croient modernes, les tournent en dérision. Painlevé heureusement n'était pas de ceux-là. Et il était alors plus moderne que ceux qui, au delà du Rhin, ou des Alpes, ou du Niémen, dédaignent ou ridiculisent ces nobles aspirations, cette belle synthèse idéaliste.

Il avait passé par des moments terribles, et son cœur, son noble et grand cœur, avait été atteint. Un jour, à la tribune de la Chambre, il dut s'arrêter, menacé d'une syncope. A partir de ce moment sa santé fut très éprouvée. Il put cependant commenter d'une façon saisissante, ici, à notre Académie, les idées audacieuses et profondes d'Einstein sur la relativité. Nous l'avons tous écouté avec émotion, car nous comprenions que nous n'aurions plus longtemps à le voir parmi nous.

Painlevé était un grand laborieux. Il travaillait une partie de la nuit. C'était l'homme du devoir dans la plus belle acception de ce mot. En politique il n'admettait jamais aucune compromission; sa loyauté était proverbiale.

On parlait souvent de sa distraction, mais là-dessus il y a de stupides légendes. Et puis être *distrait*, cela prouve simplement qu'on pense à des choses plus hautes et plus fécondes que les mesquins soucis de la vie quotidienne. Archimède, Newton, Kant, Ampère ont été de grands distraits. Ne changerions-nous pas notre souci des choses banales contre la puissance intellectuelle de ces grands distraits?

Paris, sa ville natale, et la France tout entière, et l'élite de toutes les nations civilisées, lui ont fait de splendides funérailles. Le Panthéon abrite sa dépouille mortelle.

Quoiqu'il n'ait pas été frappé par un obus ou une balle de mitrailleuse,

il fut victime des grandes émotions qui l'ont angoissé. Il est mort pour la France. On peut dire de lui avec Victor Hugo :

Ceux qui pieusement sont morts pour la Patrie
Ont droit qu'à leur tombeau la foule vienne et prie.

Albert Calmette, né à Nice en 1863, la même année que Painlevé, mourut le même jour et presque à la même heure. Il est une des grandes figures de la Médecine.

Il commença sa carrière médicale par le rude métier de médecin de marine. D'abord sur *la Triomphante* avec l'amiral Courbet dans les mers de Chine en 1884 et 1885. Puis il fit avec Savorgnan de Brazza et le docteur Ballay cette glorieuse campagne coloniale qui aboutit à la constitution de l'Afrique équatoriale française.

Poursuivant sa carrière aventureuse de marin, il vint à Terre-Neuve. Dans toutes ses pérégrinations il avait étudié avec prédilection les maladies microbiennes, dont la pathogénie, grâce à Pasteur, prenait rapidement son essor. Revenu à Paris, il alla demander conseil à Roux. A ce moment (1889) Pasteur venait de découvrir le traitement de la rage. Alors le gouvernement voulut fonder un Institut Pasteur en Indochine; Calmette en accepta la direction, ce qui lui permit de faire des recherches physiologiques et thérapeutiques de la plus haute importance.

L'Inde et l'Indochine sont infestées de serpents venimeux, en sorte que là-bas la mort annuelle par envenimation porte sur plusieurs milliers d'individus. Or, en 1894, Gabriel Bertrand et Phisalix avaient vu que les venins contiennent une toxine, et que, si l'on prend le sérum des animaux immunisés contre les venins, on a une antitoxine qui neutralise l'action de la toxine, autrement dit du venin.

En Indochine, Calmette prépare du sérum antivenimeux.

Revenu en France, nommé directeur de l'Institut Pasteur de Lille, il put préparer une quantité suffisante du sérum antivenimeux qui fut distribué dans l'Inde et dans notre colonie de la Martinique où le serpent « fer de lance » exerce de terribles ravages.

Mais il devait bientôt faire une plus grande découverte. Avec Charles Guérin il se mit à étudier (et par conséquent à combattre) le fléau terrible qui sévit sur toutes les espèces animales, à savoir le bacille de la tuberculose. Travaillant avec une patience que rien ne lassait, il montre que des bacilles tuberculeux, cultivés dans des bouillons additionnés d'un peu

de bile, perdent graduellement leur virulence, de sorte qu'après une longue série de générations on a une nouvelle espèce bacillaire, stable, différente du bacille tuberculeux, mais vaccinant, c'est-à-dire protégeant contre le vrai bacille de Koch, virulent.

C'est ce qu'on a appelé le vaccin B.C.G., vaccin qui n'est pas donné en injection, mais en ingestion, aux enfants nouveau-nés.

Ce vaccin est inoffensif, mais on trouve plus sage (au moins à présent) de le limiter aux enfants dont les parents sont tuberculeux et qui vivent par conséquent dans un milieu où la contagion est probable.

Jusqu'à ce jour les statistiques, portant sur des milliers et des milliers de cas, sont décisives; la mortalité est cinq fois moindre pour les vaccinés que pour les non vaccinés.

Notre éminent confrère, le docteur Cantacuzène, l'a répandu en Roumanie où tous les médecins sont enthousiasmés par les beaux succès de la méthode. Toutefois il est prudent d'attendre, car la tuberculose est une maladie traîtresse, à longue échéance, et, malgré l'éclat triomphant de ce procédé vaccinal, il faut mettre quelque prudence à formuler une conclusion définitive, sinon pour les résultats immédiats (qui sont acquis), au moins pour les résultats lointains.

Ainsi que tous les grands découvreurs, Calmette a connu les angoisses de son entreprise. A Lübeck des médecins allemands, ayant vacciné avec cette culture, ont eu des résultats atroces, c'est-à-dire une effroyable mortalité. Pendant plusieurs jours on annonçait décès sur décès! On comprend sans peine les émotions par lesquelles Calmette, d'une bonté et d'une générosité sans pareilles, a dû passer. Mais il a été bien démontré qu'il y avait eu une erreur énorme dans l'emploi de ce vaccin et que les préparations de Calmette n'y étaient pour rien. Les médecins de Lübeck ont comparu devant les tribunaux allemands, et, dans leur impartialité, les juges, après de sérieuses et profondes enquêtes, ont décidé que le vaccin de Calmette était tout à fait innocent de ces malheurs.

Malgré sa renommée grandissante, Calmette resta l'homme modeste et sage, bon et doux, que nous avons connu. Qui sait si dans quelques années, quand le temps aura jugé la valeur définitive de la vaccination antituberculeuse par le B.C.G., Calmette ne sera pas considéré comme un des plus grands bienfaiteurs de l'humanité.

Il me reste à vous parler d'Émile Roux, l'admirable collaborateur de Pasteur.

Tout jeune, au lycée de Clermont, il fut remarqué pour son zèle et son labeur d'adolescent par un professeur excellent, un homme éminent qui fut, lui aussi, l'honneur de notre Académie, Émile Duclaux. Lorsque Roux arriva comme étudiant à la Faculté de Médecine de Paris, Duclaux eut l'idée, féconde entre toutes, de l'adjoindre au laboratoire de Pasteur à l'École Normale.

A partir de ce moment la carrière de Roux fut toute tracée. Il fut le collaborateur de Pasteur et son plus brillant disciple.

Tout le monde sait que Pasteur a rénové la médecine par une révolution incomparable, prodigieuse, dont il y a peu d'exemples dans l'histoire. En vingt ans il a transformé les choses médicales et les a fait progresser plus qu'elles n'avaient pu en vingt siècles.

Et ce n'est pas diminuer la gloire de Roux que de l'associer à la gloire de Pasteur.

Le premier travail de Roux, travail qui ouvrit tout un monde d'espérances, c'est le Mémoire sur la vaccination anticharbonneuse. Avec l'aide de Chamberland et de Roux, Pasteur prouva que la bactérie qui donne le charbon peut, sans mourir, être *atténuée*, et communiquer alors une maladie légère qui immunise contre la bactérie virulente :

Tout microbe affaibli devient un défenseur.

L'immunité est un des plus grands faits de la science biologique. On connaissait jusqu'alors l'immunité *naturelle;* par exemple, celle des chèvres contre la belladone; des hérissons contre le venin des vipères, et voici que maintenant Pasteur et Roux ont découvert que l'immunité peut être *acquise*.

L'expérience fameuse fut faite à Pouilly-le-Fort. Aucun des moutons qui avaient reçu la bactéridie charbonneuse atténuée ne mourut; tandis que tous les moutons témoins succombèrent à la bactéridie, devenue inoffensive pour les moutons préalablement inoculés.

Une autre belle expérience fut faite par Roux avec Yersin. On ne savait pas pourquoi le microbe tue. Dans une expérience célèbre, Roux prouva que le microbe de la diphtérie (que deux bactériologistes allemands venaient de découvrir), quand il pousse dans un bouillon de culture, sécrète une substance toxique qui produit tous les symptômes de la maladie. Mémorable découverte qui nous initie à la cause de la mort par les affections microbiennes. Les microbes ne tuent que parce qu'ils produisent des poisons.

Quelque temps après, en 1894, Roux fit avec Martin et Chaillou, au

Congrès de Budapest, une communication retentissante sur le traitement de la diphtérie.

Quelques années auparavant Behring et Kitasato avaient appliqué à la diphtérie un grand principe de pathologie générale que j'avais solidement établi, à savoir que *le sang d'un animal immunisé, injecté à un animal non immunisé, lui confère l'immunité.* Roux reprit cette expérience et l'étendit énormément, de sorte qu'après lui le sérum antidiphtérique put entrer dans la pratique médicale.

L'enthousiasme provoqué fut immense. En effet, les résultats étaient merveilleux. Avant la découverte du sérum la mortalité dans la diphtérie était de 50 pour 100. Elle ne fut plus que de 10 pour 100. C'est dans ces conditions d'universelle admiration que fut fondé le service antidiphtérique à l'Institut Pasteur.

De ce magnifique Institut Pasteur, après Duclaux, Roux fut l'habile, zélé et savant directeur. Pendant 35 ans il inspira tous les travaux qui y furent entrepris, travaux qui, s'ils n'ont pas été tous signés par lui, furent tous produits par son enseignement et par ses conseils judicieux. Que ce soit avec Nocard, avec Metchnikoff, avec Vaillard, avec Martin, avec Chaillou, avec Ramon, avec Leclainche, avec Borrel, la pensée et l'initiative de Roux sont toujours là.

Dès sa première jeunesse il était d'une santé fragile, précaire, ce qui ne l'empêcha nullement de travailler. Il vivait, comme un moine laïque, dans sa petite chambre modeste, une vraie chambrette d'étudiant, donnant l'exemple persévérant du désintéressement, du labeur, de la foi en la science. Il fut le type accompli du savant qui n'a d'autre ambition que le culte de la vérité.

Depuis le 12 décembre 1932 nous avons aussi perdu cinq correspondants :

L'abbé Aloys Verschaffel, Correspondant pour la Section d'Astronomie, et directeur de l'Observatoire astronomique de l'Académie à Abbadia, mort à Villefranque (Basses-Pyrénées), le 24 janvier 1933 ;

M. Johannes Schmidt, Correspondant pour la Section d'Anatomie et Zoologie, mort à Copenhague, le 21 février 1933 ;

M. Jules Andrade, Correspondant pour la Section de Mécanique, mort à Brighton-Plage, le 26 février 1933 ;

M. Magnus de Sparre, Correspondant pour la Section de Mécanique, mort à Lyon, le 27 février 1933 ;

M. Robert de Forcrand de Coiselet, Correspondant pour la Section de Chimie, mort à Nice, le 20 avril 1933.

Maintenant, après avoir parlé des admirables confrères que nous avons eu la douleur de perdre cette année, permettez-moi de revenir à un siècle en arrière, et puisque j'ai l'honneur — dont je sens tout le prix — de présider notre glorieuse Académie, de rappeler qu'il y a plus de cent ans, mon arrière-grand-père, Pierre-Simon Girard, était à cette même place.

Pierre-Simon Girard, dont sa fille Hortense a raconté l'émouvante histoire, était né à Caen en 1763. Tout enfant il était assez turbulent. Son père, calviniste zélé, était un petit horloger de la ville de Caen. Comme la famille était assez nombreuse, on envoya le jeune garçon chez sa grand'mère dans un village voisin. Mais la grand'mère était sévère, et quelquefois elle usait de verges pour corriger son petit-fils. L'enfant demanda avec instance le retour à la maison paternelle, ce qui lui fut accordé. A quelque temps de là, la grand'mère mourut et le petit Pierre-Simon, qui n'avait alors que huit ans, suivait le convoi en pleurant à chaudes larmes. Comme on lui demandait pourquoi ce grand chagrin : « c'est, dit-il, que ma grand'mère était si méchante que, pour sûr, elle est en enfer ».

Il entre au collège de Caen, et tout de suite montre un goût très vif pour les lettres et surtout pour les mathématiques; chaque année il obtenait tous les prix. Il veut donc poursuivre ses études. Mais le père s'indigna. « On n'a jamais vu les mathématiques servir à la vente des diamants et des montres. » On ne sait ce qui serait arrivé de l'avenir de Girard si sa mère n'avait pas en cachette vendu ses bijoux pour permettre à l'enfant de continuer ses études mathématiques.

Il les continua si bien qu'il put entrer, âgé seulement de 21 ans, à l'École des Ponts et Chaussées.

Bientôt il est envoyé auprès de M. de Lamblardie, chargé des travaux maritimes du Havre, de M. de Lamblardie qui fut plus tard le premier directeur (et presque l'initiateur) de l'École Polytechnique.

En 1790, notre Académie proposa comme sujet de concours le problème des écluses. Ce fut Girard qui remporta le prix. Puis il écrivit un important mémoire qui lui valut l'approbation et l'amitié du célèbre Prony. Déjà il était considéré par ses collègues, les ingénieurs, comme le plus brillant élève de l'École des Ponts et Chaussées.

Quelques années plus tard survint pour lui un événement mémorable qui décida de sa carrière.

Bonaparte avait proposé l'expédition d'Égypte, expédition que le Directoire, trouvant encombrant ce jeune général victorieux et impérieux, accepta. Avec le secret espoir, peut-être, que Bonaparte ne reviendrait pas.

Cette expédition d'Égypte fut merveilleuse, autant par sa grandiose conception (téméraire d'ailleurs) que par la composition des savants qui accompagnaient les généraux. Quels noms ! Murat, Lannes, Davoust, Berthier, Desaix, Lefebvre, Duroc, Kléber, parmi les officiers, et, parmi les savants, Monge, Fourier, Berthollet, Dolomieu, Malus, Savigny, Geoffroy Saint-Hilaire, Desgenettes, Larrey.

Nous avons quelque peine aujourd'hui, en notre temps de réalisme prosaïque et médiocre, à comprendre la joie ardente de ces jeunes savants épris de liberté, de gloire et de science, amoureux de la patrie triomphante, et partant pour cette aventure, extraordinaire entre toutes, avec une armée jeune comme eux, et comme eux enthousiaste.

Bonaparte, connaissant et appréciant les travaux de Girard, le désigna pour faire partie de l'expédition. Il le nomma ingénieur en chef et sous-directeur des travaux publics.

Dès son arrrivée en Égypte, Girard prend le commandement d'une brigade d'ingénieurs et lève le plan du port d'Alexandrie. Il est au Caire avec l'armée victorieuse, et il fait partie de l'Institut d'Égypte.

L'Institut d'Égypte! quelle idée féconde! Poursuivre tout à la fois l'histoire du splendide passé de l'Égypte, l'état actuel de ses ressources, et l'avenir réservé à cette belle conquête. Les grands savants qui en firent partie en gardaient un souvenir toujours vivant. Girard se plaisait à parler de ses camarades d'Égypte. Et aux derniers jours de sa vie, c'est encore vers cette glorieuse expédition d'Égypte qu'il se tourne, cette œuvre de sagesse et d'héroïsme, comme le dit Geoffroy Saint-Hilaire.

Son activité en Égypte est incomparable.

D'abord il veut se rendre compte des travaux accomplis par les Pharaons dans l'Égypte ancienne. Le géographe grec Strabon dit qu'à Syène, c'est-à-dire à la première cataracte du Nil, existait un Nilomètre, construit par les premiers Égyptiens. Au bout d'une ou deux semaines de fouilles méthodiques et patientes, Girard retrouve le fameux Nilomètre, où sont marquées les crues du Nil aux temps anciens, et il reprend les calculs d'Eratosthène d'Alexandrie, le premier qui ait mesuré les degrés du méridien terrestre. Puis, après avoir fait déblayer les anciens monuments, du temps de Sésostris jusqu'aux Antonins, il détermine, par de savantes études, les exhaussements séculaires du sol de l'Égypte et du lit du fleuve et les repère géographiquement.

Mais, si soucieux qu'il fût du passé égyptien, il songeait surtout à l'état actuel. Des études sur l'irrigation agricole lui permettent de modifier, de la manière la plus heureuse, les rudimentaires travaux des fellahs pour la fécondante inondation du Nil.

L'Égypte n'est-elle pas le don du fleuve ? suivant la belle et vieille parole d'Hérodote.

Hélas ! déjà Bonaparte a abandonné son armée. Pourtant Girard reste encore deux ans en Égypte. Il a toute la faveur de Kléber qui le nomme ministre de l'Intérieur. Mais rapidement les événements marchent. L'Égypte est perdue pour nos armées, et Girard doit revenir en France (1803).

Il fut un des huit écrivains chargés par Napoléon de publier sur l'Égypte, en in-folios superbes, un ouvrage devenu extrêmement rare et qu'on ne peut consulter qu'avec respect.

« Ce livre sur l'Égypte, dit Geoffroy Saint-Hilaire, c'est l'histoire d'une campagne qui ne fut perdue ni pour la gloire de nos armes ni pour l'honneur de la science, campagne pleine de couleur et de poésie, où les explorations elles-mêmes eurent un caractère hardi, jeune, aventureux, et surtout collectif, qu'il sera difficile de jamais retrouver. »

C'est à cette expédition d'Égypte, comme au génie de notre grand de Lesseps, qu'est dû, malgré toutes nos erreurs diplomatiques, le maintien d'une certaine prépondérance de la France sur les destinées égyptiennes.

Le Premier Consul (bientôt l'Empereur), qui avait vu de près la science et l'activité de Girard, voudrait lui donner une préfecture, mais Girard refuse. « Que vous faut-il donc ? » demanda le Premier Consul, un peu surpris de ce refus. — « Rester ingénieur, et diriger les travaux qui, profitant au pays, populariseront votre nom et me promettront quelque gloire. »

Alors il proposa à Bonaparte de dériver les eaux de l'Ourcq pour amener une eau saine à Paris en quantité suffisante. Donc, ce fut la petite rivière de l'Ourcq qui eut l'honneur d'être choisie pour fournir d'eau la capitale de la France, qui était à ce moment la capitale du monde.

Malgré l'hostilité manifeste des Ponts et Chaussées, Girard resta ingénieur en chef et, à partir de ce moment, jusqu'à ses derniers jours, il s'occupa presque exclusivement du canal de l'Ourcq. Les directeurs des services administratifs font des objections devant l'Empereur même, mais l'Empereur ne veut pas les entendre. « Écoutez donc, dit-il, les explications du rapporteur (c'était Girard) ! Voici enfin un ingénieur d'esprit. »

Et Napoléon ne néglige rien, ni l'argent, ni la main-d'œuvre (celle des prisonniers de guerre, et même celle des soldats) pour que le canal soit rapidement construit. Le 2 décembre 1808, anniversaire de la bataille d'Austerlitz, les eaux de l'Ourcq peuvent arriver dans le bassin de la Villette. L'année suivante, en présence des hauts fonctionnaires du gouvernement et de la ville, aux acclamations des habitants du quartier des Halles, les eaux jaillissent en abondance de la fontaine des Innocents, décorée par les célèbres sculptures de Jean Goujon. C'était le 15 août 1809, jour de la fête de l'Empereur.

Deux ans après, le 15 août 1811, les eaux de l'Ourcq tombent en larges nappes du Château d'eau de la rue de Bondy pour se répandre dans les quartiers du Marais, du Temple et de la place des Vosges. Puis, le 15 août 1813, toujours pour célébrer la fête de l'Empereur, un convoi de bateaux est mené par le canal de l'Ourcq jusqu'au bassin de La Villette.

En 1815, Napoléon, revenu de l'Ile d'Elbe, pense encore au canal de l'Ourcq. Girard est nommé inspecteur divisionnaire. Il devient membre de notre Académie dans la Section de Physique générale, six jours avant la bataille de Waterloo (12 juin 1815).

Mais la politique ne perd jamais ses droits. Le gouvernement de la Restauration ne pardonne pas à Girard la faveur impériale. Le comte Molé, pair de France, directeur général des Ponts et Chaussées, lui retire la direction des travaux en lui offrant une place d'ingénieur en chef. Alors Girard, au lieu de se révolter, accepte dans des termes très dignes cette demi-révocation à peine déguisée : « Mon ouvrage, dit-il, touche à sa fin ; ma persévérance a assuré l'achèvement de cette grande entreprise et mon nom y sera à jamais attaché. Je veux donc laisser à ma famille l'héritage de quelque gloire. M'éloigner aujourd'hui du poste que j'ai défendu jusqu'ici serait abandonner ma réputation, déchirée par ceux qui l'eussent obscurcie depuis longtemps s'ils avaient pu s'élever jusqu'à moi ; c'est d'après ce motif que j'accepte une place d'ingénieur en chef et j'accepterais, s'il le fallait, une place d'ingénieur ordinaire, dans l'organisation du canal de l'Ourcq et des eaux de Paris. »

Après maintes péripéties, trop longues à conter ici, le jour du complet triomphe vint enfin. Au mois de janvier 1833 une jolie goélette, pavoisée, entourée des acclamations de la foule, prenait possession du canal définitivement ouvert.

Girard avec sa famille demeurait au Marais, rue du Parc Royal, tout près

de la place des Vosges et de l'hôtel Carnavalet [1]. M. et Mme Girard menaient l'existence calme et sereine des grands bourgeois d'autrefois. Ils recevaient souvent leurs amis, des membres de l'Institut et surtout les *Égyptiens*, c'est-à-dire les anciens membres de l'Institut d'Égypte, Costaz, Geoffroy Saint-Hilaire, Fourier, Conti, Navier. On y parlait de tout, mais surtout des souvenirs d'Égypte. Poiseuille venait souvent à ces petites soirées, et Mme Prony aussi, avec son mari. Elle racontait tout bas à Mme Girard que son mari était vraiment trop économe, et qu'elle avait remplacé un sac de louis d'or par un sac de gros sous, ce dont M. de Prony, *toujours dans les sphères élevées*, disait-elle, ne s'est jamais aperçu. Quant à Mme Poiseuille, c'était elle qui était trop économe, et Poiseuille, dans les petites réceptions intimes de Mme Girard, se dédommageait, paraît-il, des maigres repas qui lui étaient accordés chez lui.

Dans les derniers jours de novembre 1836, Girard se proposait de faire à notre Académie une communication sur l'Égypte, sujet qui lui était toujours si cher, mais il était très malade, et ce ne fut pas lui qui fit et lut ce Mémoire. Ce fut son fidèle ami, Geoffroy Saint-Hilaire.

Deux jours après, il succombait, le 30 novembre 1836.

Pierre-Simon Girard a rendu à la Ville de Paris, à la patrie et à la science, des services que nous n'avons pas le droit d'oublier.

Et ce n'est pas porter quelque ombre à sa mémoire que de mentionner quelques amusantes erreurs, erreurs qu'il partageait d'ailleurs avec tous ses confrères et tous ses contemporains, dans l'appréciation de l'avenir.

D'abord, quant à la distribution de l'eau à tous les étages de toutes les maisons, il déclarait folie que de croire cela possible. Il jugeait probablement, sans le dire toutefois, que le système des porteurs d'eau, ce système ridicule (que j'ai connu dans mon très jeune temps), devait être conservé.

Et quant aux chemins de fer, en 1835, il affirmait nettement que la traction par des machines locomotives ne remplacerait jamais la traction par des moteurs animés. « Tout au plus, dans les mines de charbon, l'emploi des locomotives sera-t-il appréciable. »

Mais ces erreurs des grands inventeurs, voire des hommes d'un puissant génie, sont très fréquentes. Harvey, qui a découvert la circulation du sang, n'a pas cru aux chylifères. Lavoisier, le plus grand des savants, n'a-t-il

---

(1) Il y a un beau portrait de Girard (1830) par Hersent, peintre célèbre de l'époque, et confrère de Girard à l'Institut.

pas osé dire que les pierres ne tombaient pas du ciel, parce qu'il n'y a pas de pierres dans le ciel. Magendie s'est élevé contre l'anesthésie chirurgicale qu'il déclarait criminelle. Claude Bernard a combattu les idées de Pasteur sur la fermentation. Berthelot n'a voulu que tardivement admettre la notation atomique. Et cependant nul n'est plus grand que Harvey, Lavoisier, Magendie, Claude Bernard et Berthelot.

Nous ne devons donc pas en vouloir à Girard, s'il a été mauvais prophète pour la conduction des eaux et l'avenir des chemins de fer. Non ! mais il faut lui être reconnaisant de tout ce qu'il a fait, et comprendre ses erreurs.

Elles nous disent, ces légitimes erreurs, qu'il faut être aussi prudent dans la négation que dans l'affirmation. Les magnifiques conquêtes de la science et de l'industrie nous prouvent que l'imprévu et l'imprévoyable sont possibles.

Omnia jam fient fieri quæ posse negabam.

En somme, Girard fut un grand citoyen, un grand ingénieur, un grand savant, et je suis heureux que l'occasion m'ait été donnée d'honorer la mémoire de mon illustre aïeul.

En terminant je ne saurais mieux faire que de redire les paroles, conformes au style du temps, aussi vraies en ce jour qu'il y a un siècle, et prononcées par lui à la séance publique annuelle des cinq Académies qu'il présidait le 24 avril 1830 :

Quels que soient nos regrets pour les pertes que nous avons à déplorer, un feu toujours pur est entretenu sur les autels de la science.

Je donne la parole à M. le Secrétaire perpétuel pour la proclamation de nos prix.

PRIX ET SUBVENTIONS ATTRIBUÉS EN 1933.

RAPPORTS.

MATHÉMATIQUES.

PRIX FRANCOEUR.

(Commissaires : MM. Painlevé, Hamy, Lecornu, Hadamard, Goursat, Émile Borel, Lebesgue, Cartan; Émile Picard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Paul Mentré**, professeur à la Faculté des sciences de Nancy, pour ses travaux de géométrie.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

MÉCANIQUE.

PRIX MONTYON.

(Commissaires : MM. Émile Picard, Vieille, Lecornu, Goursat, Emile Borel, Drach, Jouguet, Louis de Broglie; Villat, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **René Thiry**, professeur à la Faculté des sciences de Strasbourg, pour ses travaux sur la mécanique des fluides.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX PONCELET.

(Commissaires : MM. Émile Picard, Vieille, Goursat, Emile Borel, Drach, Villat, Louis de Broglie; Lecornu, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Eugène Bertrand de Fontviolant**, ingénieur des arts et manufactures, professeur à l'Ecole Centrale, pour ses travaux de mécanique.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX BOILEAU.

(Commissaires : MM. Émile Picard, Vieille, Lecornu, Goursat, Émile Borel, Drach, Villat, Louis de Broglie; Jouguet, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Adrien Foch**, professeur à la Faculté des sciences de Paris, pour ses travaux d'hydraulique.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX PIERSON-PERRIN.

(Commissaires : MM. Émile Picard, Vieille, Lecornu, Goursat, Émile Borel, Drach, Villat, Louis de Broglie; E. Jouguet, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Paul Langevin**, professeur au Collège de France, pour ses travaux sur les applications mécaniques du quartz piézo-électrique, en particulier sur son emploi dans le sondage par les ultra-sons.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

ASTRONOMIE.

PRIX LALANDE.

(Commissaires : MM. Deslandres, Baillaud, Hamy, Lebesgue, A. Cotton, Esclangon, Maurain, A. de La Baume Pluvinel; Émile Picard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Georges Prévost**, ingénieur civil, pour ses tables de fonctions sphériques et de leurs intégrales.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX BENJAMIN VALZ.

(Commissaires : MM. Émile Picard, Deslandres, Baillaud, Hamy, Lebesgue, A. Cotton, Maurain, A. de La Baume Pluvinel; Esclangon, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Henri Labrouste**, professeur à la Faculté des sciences, pour ses méthodes de recherche des périodes dans les phénomènes solaires.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX G. DE PONTÉCOULANT.

(Commissaires : MM. Émile Picard, Deslandres, Baillaud, Hamy, Lebesgue, Cotton, Maurain, A. de La Baume Pluvinel; Esclangon, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **David Belorizky**, aide-astronome à l'Observatoire de Marseille, pour ses travaux de mécanique céleste.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION ANTOINETTE JANSSEN.

(Commissaires : MM. Émile Picard, Baillaud, Hamy, Lebesgue, Cotton, Esclangon, Maurain, A. de La Baume Pluvinel; Deslandres, rapporteur.)

La Commission propose d'attribuer la pension annuelle de 5000^{fr} pour les années 1933 à 1937 à M. **Daniel Chalonge**, aide-astronome à l'Observatoire de Paris, pour ses études d'astronomie physique.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

GÉOGRAPHIE.

PRIX GAY.

(Commissaires : MM. Douvillé, Mangin, Lallemand, Lecomte, Fournier, Bourgeois, Perrier, Tilho; Fichot, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Alphonse Berget**, docteur ès sciences, professeur à l'Institut océanographique, pour son ouvrage intitulé : *Leçons d'Océanographie physique. Généralités. Propriétés physiques. L'Océan et l'Atmosphère.*

Nous ne possédions pas en France de Traité complet d'Océanographie physique. M. A. Berget a heureusement comblé cette lacune par la publication des *Leçons d'Océanographie physique* qu'il a professées à l'Institut océanographique de Paris. Cet important ouvrage comprend deux volumes, que l'auteur a principalement consacrés à l'exposé des questions les plus intéressantes et des développements les plus récents qu'elles ont pu recevoir. Dans le premier volume, on trouvera tous les détails nécessaires sur la genèse et la répartition des Continents et des Océans, sur la constitution de l'eau de mer, ses propriétés physiques mises aujourd'hui à profit dans les nouvelles méthodes de sondage acoustique.

Le second volume, *L'Océan et l'Atmosphère*, fait ressortir le caractère

d'étroite liaison qui existe entre les mouvements de la mer et ceux de l'air. Toutes les causes de la circulation générale océanique y sont soigneusement exposées et discutées.

D'une lecture aussi attachante qu'instructive, l'ouvrage de M. **A. Berget** est appelé à rendre les plus grands services aux océanographes.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX TCHIHATCHEF.

(Commissaires : MM. Douvillé, Mangin, Lallemand, Lecomte, Fournier, Bourgeois, Fichot, Perrier, Tilho.)

Le prix est prorogé à 1934.

PRIX ALEXANDRE GIVRY.

(Commissaires : MM. Douvillé, Mangin, Lallemand, Lecomte, Fournier, Bourgeois, Perrier, Tilho; Fichot, rapporteur.)

M. **Pierre Gerson**, ingénieur hydrographe principal de la marine, s'est signalé, pendant sa trop courte carrière, par une participation active à un grand nombre de missions hydrographiques ainsi que par des recherches théoriques d'ordres très divers.

Sorti de l'École Polytechnique en 1923, il collabora en 1924, 1925, 1926 et 1929 aux reconnaissances effectuées sur les côtes nord de Bretagne et fut, dans la dernière de ces campagnes, particulièrement chargé des questions de triangulation.

En 1930, par suite de l'absence du chef de mission titulaire, il dut assumer la direction effective presque entière des travaux de sondages et dragages entrepris entre les Minquiers et les Roches Douvres. Une reconnaissance particulière de la barre et du cours de l'Adour lui avait été également confiée au cours de l'hiver 1926-1927.

Enfin, durant une année entière, de juin 1931 à juin 1932, il exerça les fonctions de directeur des travaux de la Mission hydrographique de l'Indochine.

Malgré ces embarquements répétés, M. Pierre Gerson avait trouvé le temps d'obtenir, en 1928, le grade de licencié ès sciences et de suivre les cours professés par M. Marcel Brillouin au Collège de France sur la Géo-

physique et, en particulier, sur les marées. Cet enseignement avait développé le goût très vif qu'il possédait pour les recherches spéculatives et dont il avait déjà fait preuve dans une étude inachevée sur les trajectoires géodésiques issues d'un point de la surface terrestre.

Un si brillant début de carrière promettait beaucoup pour l'avenir et désignait d'ores et déjà **Pierre Gerson** pour l'obtention du prix Givry. La Commission propose à l'Académie d'honorer la mémoire de Pierre Gerson en lui décernant ce prix.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

NAVIGATION.

PRIX DE LA MARINE.

(Commissaires : MM. Émile Picard, Vieille, Lallemand, Fournier, Bourgeois, Fichot, Perrier, Charcot, Drach, Jouguet, Villat, Tilho; Laubeuf, Lecornu, rapporteurs.)

La Commission propose de décerner :

Un prix de 4000^{fr} à MM. **Gaston Dollé**, ingénieur principal du génie maritime et **Henri Dutilleul**, ingénieur de 1re classe du génie maritime, pour leurs travaux sur la soudure autogène électrique;

Un prix de 2000^{fr} à M. **Jean Fieux**, ingénieur-conseil aux Établissements Schneider, pour ses applications du gyroscope à la navigation.

Rapport de M. Laubeuf *sur les travaux de MM.* **Dollé** *et* **Dutilleul.**

MM. **Dollé** et **Dutilleul** ont présenté une série de 23 rapports sur des Essais divers relatifs à la soudure autogène. Ces rapports représentent trois ans de travaux pendant lesquels les plus importants problèmes ont été examinés successivement :

étude des génératrices électriques à postes de soudure multiple;

influence du type d'électrodes employés;
aptitude de diverses nuances d'acier à la soudure;
influence de l'habileté des soudeurs;
altération des aciers par la soudure;
retrait des soudures, tensions internes développées;
exemples d'application de soudure à divers travaux de constructions navales, etc.

L'ensemble de ces travaux conduit à des conclusions pratiques extrêmement importantes et fait le plus grand honneur aux ingénieurs **Dollé** et **Dutilleul**.

Rapport de M. Lecornu *sur les travaux de M.* **J. Fieux**.

On doit à M. **Fieux** de nombreuses inventions (généralement basées sur les propriétés gyroscopiques) dont plusieurs ont été adoptées par la marine française. Citons entre autres :

un appareil anti-roulis;
un dispositif de freinage des avions (appliqué à l'équipement d'un bateau porte-avions);
une suspension de gyroscope avec tourillons activés, en vue de l'application aux instruments de précision;
un système de stabilisation des appareils de bord.

Dans toutes ces créations, M. **Fieux** a fait preuve de grandes qualités d'inventeur et de réalisateur.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

PRIX PLUMEY.

(Commissaires : MM. Émile Picard, Vieille, Lallemand, Lecornu, Fournier, Bourgeois, Fichot, Perrier, Charcot, Drach, Jouguet, Villat, Tilho; Laubeuf, rapporteur.)

La Commission propose de décerner :

Un prix de 1500^{fr} à M. **André Grebel**, ingénieur-conseil, pour son étude directe de la combustion et du choc dans les moteurs à explosion;

Un prix de 1500fr à feu **Paul Leroux**, licencié ès sciences, directeur du laboratoire de la Société hydrotechnique de France à Beauvert, pour ses expériences d'hydraulique fluviale;

Un prix de 1000fr à M. **Gérard Delanghe**, ingénieur des arts et manufactures, professeur à l'École des applications mécaniques des combustibles liquides, répétiteur de mécanique générale à l'École centrale des arts et manufactures, pour son travail sur les moteurs Diesel à antichambre.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

PHYSIQUE.

PRIX GASTON PLANTÉ.

(Commissaires : MM. Émile Picard, Villard, Branly, Brillouin, Perrin, A. Cotton, Maurice de Broglie, Ch. Fabry; Paul Janet, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Lucien Jumau**, ingénieur, directeur technique de l'accumulateur Tudor, pour l'ensemble de ses recherches sur les accumulateurs.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX HÉBERT.

(Commissaires : MM. Émile Picard, Villard, Branly, Janet, Brillouin, Perrin, Cotton, M. de Broglie; Ch. Fabry, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Pierre Fleury**, professeur à la Faculté des sciences de Lille, pour son ouvrage sur les étalons photométriques.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX HENRI DE PARVILLE.

(Commissaires : MM. Émile Picard, Villard, Branly, Paul Janet, Brillouin, Perrin, A. Cotton, Ch. Fabry; Maurice de Broglie, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Louis Leprince-Ringuet**, ingénieur des postes et télégraphes, détaché au laboratoire de physique des rayons X, pour ses travaux sur la physique atomique.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX HUGHES.

(Commissaires : MM. Émile Picard, Villard, Branly, Paul Janet, Brillouin, A. Cotton, Maurice de Broglie, Ch. Fabry; Perrin, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Salomon Rosenblum**, docteur ès sciences, pour ses travaux sur les rayons α.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX PAUL MARGUERITE DE LA CHARLONIE.

(Commissaires : MM. Émile Picard, Branly, Paul Janet, Brillouin, Perrin, A. Cotton, Maurice de Broglie, Ch. Fabry; Villard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Amédée Guillet**, professeur à la Faculté des sciences, pour l'ensemble de son œuvre scientifique.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION DANTON.

(Commissaires : MM. Émile Picard, Villard, Branly, Paul Janet, Brillouin, Perrin, A. Cotton, Maurice de Broglie, Ch. Fabry.)

Les arrérages de la fondation ne sont pas attribués.

FONDATION CLÉMENT FELIX.

(Commissaires : MM. Émile Picard, Villard, Branly, Paul Janet, Brillouin, Perrin, A. Cotton, Maurice de Broglie, Ch. Fabry.)

Les arrérages de la fondation ne sont pas attribués.

CHIMIE.

PRIX MONTYON DES ARTS INSALUBRES.

(Commissaires : MM. A. Lacroix, Le Chatelier, Béhal, Urbain, Gabriel Bertrand, Desgrez, Delépine; Matignon et Fosse, rapporteurs.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Georges Darzens**, professeur de chimie à l'École polytechnique, inspecteur honoraire des Établissements classés du département de la Seine; membre du Comité consultatif des arts et manufactures. M. Darzens a pris une part active dans la révision de la nomenclature des Établissements classés, dans la réglementation qui définit les conditions imposées pour assurer la sécurité des réservoirs souterrains d'hydrocarbures inflammables de première catégorie ainsi que pour les dépôts de mazout dont le point d'inflammation est supérieur à 80°.

Une mention honorable de 1500^{fr} est attribuée à M. **Paul-Émile Thomas**, ingénieur chimiste, licencié ès sciences, pour ses recherches sur l'oxyde de carbone et les vapeurs nitreuses.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

PRIX JECKER.

(Commissaires : MM. A. Lacroix, Le Chatelier, Béhal, Gabriel Bertrand, Desgrez, Matignon, Fosse; Urbain et Delépine, rapporteurs.)

La Commission propose de décerner :

Un prix de 5000fr à Mme **Pauline Ramart-Lucas**, docteur ès sciences, professeur à la Faculté des sciences de Paris, pour ses études sur les relations entre les propriétés des molécules et leur spectre d'absorption.

Un prix de 2500fr à M. **Émile André**, pharmacien en chef de l'Hospice de la Salpêtrière, pour ses études sur les matières grasses.

Un prix de 2500fr à M. **Raymond Delaby**, professeur agrégé à la Faculté de pharmacie de Paris, pour l'ensemble de ses travaux de chimie organique.

Rapport de M. G. Urbain *sur les travaux de Mme* **Ramart-Lucas.**

Après d'intéressantes recherches sur les transformations intramoléculaires, Mme **Ramart-Lucas** s'est attaquée au problème des relations entre les propriétés des molécules et leur spectre d'absorption.

Mme Ramart a accompli ou dirigé dans ce domaine, pour l'ultraviolet, un travail expérimental considérable et en a tiré des règles ou des lois nouvelles et importantes.

Après avoir donné la définition précise du groupe chromophore, Mme Ramart a montré que dans une série homologue telle que $A.(CH^2)^n.CH^3$, tous les termes pour lesquels n est égal ou supérieur à 2 ont même couleur et qu'ils ont aussi même réactivité chimique.

En ce qui concerne les molécules $A.(CH^2)^n.B$, possédant deux chromophores A et B, Mme Ramart a établi que l'influence mutuelle de ces derniers, décelable par l'absorption, décroît très rapidement à mesure que n prend des valeurs croissantes. *Dès que* $2CH^3$ *séparent* A *et* B, *cette influence mutuelle qui s'exerce par l'intermédiaire de la chaîne carbonée devient pratiquement nulle.*

Si toutefois, par suite d'un enroulement de la molécule, A et B, tout en étant éloignés sur la chaîne carbonée, viennent à proximité dans l'espace, ils peuvent exercer directement l'un sur l'autre une influence (*couplage*) qui est révélée par l'absorption. Un tel couplage doit se produire entre solvant et corps dissous (avec toutefois cette différence que les oscillateurs

fixés sur une même molécule ont des distances et des directions imposées), et *explique l'influence du solvant sur la couleur*.

Mme Ramart a montré que la fermeture d'une chaîne n'a pas *toujours un effet bathochrome* et que le changement éventuel de couleur dépend d'une variation de couplage des chromophores après cyclisation. On peut dès lors *prévoir le sens du phénomène* d'après ce que l'on sait des relations entre la structure et la couleur des molécules, et l'expérience vérifie ces prévisions.

D'autre part, Mme Ramart a découvert que lorsque le cycle est formé d'un petit nombre d'atomes l'absorption de la molécule varie suivant le nombre de ces atomes (*la cyclopentanone et la cyclohexanone n'ont pas la même absorption*). Ce changement consiste surtout en une modification de l'intensité d'absorption sans que la position des bandes varie d'une façon appréciable; il peut être interprété par une déformation de l'*angle valentiel*.

L'Étude de l'absorption de nombreuses oximes et semicarbazones a permis à Mme Ramart de démontrer que ces substances *n'ont pas toujours la structure qu'on leur attribue* ordinairement (formule de Hantzsch-Werner), mais possèdent parfois une structure telle que le groupe fonctionnel ne contient pas d'atomes liés par plus d'une valence.

Abordant, par une voie nouvelle, l'étude des transpositions, Mme Ramart a donné une règle qui, d'après les positions des bandes d'absorption d'isomères transformables l'un dans l'autre, *prévoit dans quel sens une élévation de température peut déterminer la transformation*. Cette règle, qui s'est trouvée vérifiée pour les transpositions connues, a de plus *permis d'en prévoir* d'intéressantes qui n'avaient pas encore été signalées : isomérisations, par la chaleur, d'aldéhydes en cétones, et migrations de liaisons éthyléniques. Ces recherches ont montré que la structure d'une substance formée à la suite d'une transposition, dépend principalement des conditions de température où se fait la transformation.

En ce qui concerne la *réactivité chimique*, sa relation avec la couleur avait été admise, mais les énoncés proposés ne peuvent être retenus. C'est ce qu'a prouvé Mme **Ramart** qui, d'autre part, a fait observer que : *un chromophore qui donne la même couleur à diverses molécules, par ailleurs absolument quelconques, doit posséder le même état intérieur dans chacune de ces molécules, en sorte que sa réactivité chimique doit être la même pour toutes*. Cette fois, cet énoncé s'est trouvé vérifié. Pourtant, si la chaîne est très longue, elle peut envelopper le chromophore et le protéger contre l'approche des autres molécules. Les vitesses de réaction peuvent alors se trouver diminuées.

Enfin, il faut signaler une étude entreprise récemment en vue d'établir la structure des hétérosides d'après leur spectre d'absorption, et qui a déjà permis de montrer que non seulement on peut déterminer dans beaucoup de cas la structure du groupement prosthétique, mais encore discerner si le sucre est fixé sur une chaîne ou sur un noyau aromatique.

Ces divers résultats donnent une illustration nouvelle de ce que la chimie pure peut devoir aux méthodes de la physico-chimie.

Rapport de M. Delépine *sur les travaux de M.* **Émile André**.

M. **Émile André**, pharmacien des Hôpitaux de la Ville de Paris, a débuté en 1905, dans le laboratoire du regretté Ch. Moureu, par une étude des carbures acétyléniques et de leurs dérivés, cétones, combinaisons aminées, dicétones β, etc. qui fut l'objet de sa Thèse de doctorat. Ces travaux délicats furent complétés par des recherches thermochimiques importantes exécutées en collaboration avec son maître.

Par la suite, M. André a porté son activité dans le domaine des matières grasses. En perfectionnant les méthodes d'analyses ou de séparation, telle que la diffusion fractionnée, il a isolé divers principes immédiats.

Nous lui devons des études étendues des huiles et graisses d'animaux marins; il a pu, en certaines de ces huiles, déceler la présence d'un groupe nouveau de lipides : éthers-esters du glycérol doués du pouvoir rotatoire. Dans le groupe chaulmoogrique, il a retiré un acide nouveau, l'acide gorlique. Enfin, dans les huiles à acides-alcools (groupe de l'huile de ricin), il a obtenu des résultats fort intéressants; de même, pour l'huile de pépins de raisins.

Ces recherches auxquelles M. **André** a su intéresser divers collaborateurs, bien qu'il n'ait pas de laboratoire d'enseignement, lui ont acquis une notoriété incontestable dans le domaine des matières grasses et lui ont valu l'occasion de les diffuser en diverses conférences toujours très appréciées des milieux compétents. La Commission a voulu récompenser ces efforts fructueux par l'attribution d'une partie du prix Jecker.

Rapport de M. Delépine *sur les travaux de M.* **Delaby**.

M. **Delaby**, professeur agrégé de la Faculté de Pharmacie de Paris, a débuté dans ses travaux de Chimie organique par la préparation des triols

dont les fonctions alcooliques contiguës en font de véritables homologues de la glycérine; ce fut le principal thème de sa Thèse de docteur ès sciences.

En réalité, l'obtention de ces triols ne devait être que le préliminaire de la préparation d'aldéhydes non saturés homologues de l'acroléine, au même titre que la glycérine est le générateur de l'acroléine proprement dite. D'où une série de recherches sur les propriétés de ces triols dans les sens les plus divers : esters, dérivés glycidiques, action des organomagnésiens sur ceux-ci, etc. Les points de départ des triols furent d'ailleurs des alcoylcarbinols non saturés dérivés de l'acroléine (éventuellement de l'aldéhyde crotonique) qui furent examinés sous toutes les faces.

Par des détours ingénieux, M. Delaby a pu obtenir les homologues de l'acroléine, ou aldéhydes éthyléniques α-β, que la déshydratation des alcoylglycérines ne permettait d'atteindre qu'avec une extrême difficulté. Par contre, ces alcoylglycérines ont pu subir avec succès, par une généralisation heureuse, l'épreuve de la réaction de Skraup pour engendrer les homologues de la quinoléine.

A côté de ces travaux, seul ou avec divers collaborateurs, M. Delaby a étudié le mécanisme de la formation de l'alcool allylique, l'isomérisation catalytique des vinylalcoylcarbinols en éthylalcoylcétones et alcools-β-alcoylallyliques, l'oxydation du pyramidon en dioxypyramidon, l'obtention de formals du thymol; il a ajouté quelques contributions intéressantes à l'étude des matières grasses, à celle des chloro-iodures de bases organiques, des nitriles éthyléniques β-γ, des acides et γ-lactones correspondants, etc.

Cet ensemble, qui démontre l'activité de M. **Delaby**, justifie largement la distinction que la Commission désire lui voir attribuer.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

FONDATION CAHOURS.

(Commissaires : MM. A. Lacroix, Le Chatelier, Béhal, Gabriel Bertrand, Desgrez, Matignon, Delépine, Fosse; Urbain, rapporteur.)

La Commission propose d'attribuer les arrérages de la Fondation à M. **Georges Allard**, assistant de physique à l'Institut de chimie.

M. Georges Allard s'est particulièrement occupé de la structure électronique du carbone éthylénique. Par ailleurs, il a donné une méthode de calcul des moments électriques dans les molécules et il a appliqué cette

méthode à la détermination de la structure du carbone éthylénique. Ces travaux ont fait l'objet de plusieurs Notes aux *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*.

D'autre part, M. **G. Allard** a effectué un intéressant travail sur les borures métalliques dont il a étudié les diagrammes de diffraction de rayons X. Il a montré à ce sujet diverses relations d'isomorphisme.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX BERTHELOT.

(Commissaires : MM. A. Lacroix, Le Chatelier, Béhal, Urbain, Gabriel Bertrand, Desgrez, Delépine, Fosse; Matignon, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Henri Moureu**, docteur ès sciences, sous-directeur au Laboratoire de chimie minérale du Collège de France, pour l'ensemble de ses travaux de synthèse en chimie organique.

L'étude de l'action des amines sur les dibromures des cétones $\alpha\beta$-éthyléniques a conduit M. H. Moureu à la préparation d'un grand nombre de composés aminés nouveaux, transformables eux-mêmes par hydrolyse en dicétones α; il en est résulté une méthode générale de synthèse entièrement nouvelle de ces dicétones, décrite en collaboration avec M. Dufraisse. Ces dicétones α manifestent des propriétés tautomériques qui ont fait l'objet de recherches approfondies. M. **Moureu** les a scindées dans les deux formes isomériques qui coexistent à l'état d'équilibre. De nombreux dérivés ont été préparés à partir des deux isomères.

En collaboration avec MM. Matignon et Dodé, il a également effectué la synthèse des glycols à partir des carbures éthyléniques correspondants et mis en évidence des causes d'isomérisation inattendues entre les divers butylènes.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX HOUZEAU.

(Commissaires : MM. A. Lacroix, Béhal, Urbain, Gabriel Bertrand, Desgrez, Matignon, Delépine, Fosse; Le Chatelier, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Paul Laffitte**, proesseur à la Faculté des sciences de Nancy.

Après quelques études sur la fusibilité des alliages de magnésium et des mélanges de sels, M. Laffitte a consacré toute son activité scientifique à des recherches relatives anx phénomènes d'inflammation, de combustion et de détonation, tant des mélanges gazeux que des explosifs solides.

Appliquant à ces études les méthodes d'enregistrement photographique, il a réussi à préciser les conditions dans lesquelles l'onde explosive prend naissance : diamètre des tubes, température et pression initiale. Ceci pour les mélanges gazeux.

Employant pour la première fois les mêmes méthodes d'enregistrement pour l'étude des explosifs solides, il a réussi à séparer l'onde de choc véritable, lancée en avant par la détonation de l'explosif, et l'écoulement des gaz brûlés, qui ont au début des vitesses égales, mais s'amortisent ensuite inégalement.

M. Laffitte a repris la question des températures d'inflammation des mélanges gazeux combustibles et a étudié particulièrement les phénomènes de combustion lente qui précèdent la combustion vive.

Dans ce domaine difficile de l'étude des corps explosifs, M. **Laffitte** a réussi à mettre en lumière des faits nouveaux très importants. Pour ce motif votre Commission l'a jugé digne de recevoir le prix Houzeau.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

MINÉRALOGIE ET GÉOLOGIE.

PRIX CUVIER.

(Commissaires : MM. A. Lacroix, Barrois, Wallerant, Mangin, L. de Launay, Sabatier, Cayeux, Jacob; Douvillé, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Jules Lambert**, ancien président du Tribunal civil de Troyes, pour l'ensemble de son œuvre sur les Échinides.

Déjà lauréat de l'Académie en 1917, M. Jules-Mathieu Lambert a continué avec la même sagacité et le même succès ses études sur les Échi-

nides fossiles. Il a pu achever son *Essai de nomenclature raisonnée des Échinides* (607 pages et 15 planches) qu'il avait entrepris avec la collaboration de P. Thierry, décédé depuis. Seul il a publié un grand nombre de monographies locales, sur les Échinides du Nummulitique de la Provence, sur les Échinides fossiles de la Catalogne, de Cuba, des environs de Santander, du nord de l'Afrique, du Lias du Moyen Atlas du Maroc, de Madagascar et du Zululand, etc. Il faut ajouter de nombreuses notes sur des formes nouvelles ou particulièrement intéressantes. Il s'est toujours efforcé de suivre l'évolution des formes et de dégager les lois qui régissent cette évolution, notamment en ce qui concerne la disposition des fascioles et le passage des tubercules crénelés à ceux qui ne le sont pas. Il a acquis ainsi une autorité mondiale et de tous côtés les géologues s'adressent à son obligeance pour la détermination de leurs récoltes.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX DELESSE.

(Commissaires : MM. A. Lacroix, Barrois, Douvillé, Mangin, de Launay, Sabatier, Cayeux, Jacob; Wallerant, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. l'Abbé **Christophe Gaudefroy**, professeur à l'Institut catholique, pour son œuvre de cristallographie physique.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX VICTOR RAULIN.

(Commissaires : MM. A. Lacroix, Barrois, Douvillé, Wallerant, Mangin, L. de Launay, Sabatier, Jacob ; Cayeux, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Jean Cuvillier**, maître de conférences à la Faculté des Sciences de l'Université égyptienne du Caire, pour ses travaux sur le Nummulitique égyptien.

Le mémoire, qui a servi de thèse de doctorat à M. Jean Cuvillier, actuellement professeur à l'Université du Caire, constitue à proprement parler une révision du Nummulitique égyptien.

Après avoir vérifié qu'en de rares points la sédimentation est ininter-

rompue entre le Crétacé et le Tertiaire, l'auteur a limité à une seule série locale la régression généralement admise pour le début des formations crétacées de la région, et montré que pour tous les autres gisements, permettant d'étudier le passage des terrains secondaires aux terrains tertiaires, une transgression commençant avec l'Yprésien est la règle. Le plus souvent il y a lacune entre les formations terminales de la craie et les termes inférieurs de l'Éocène, par suite de mouvements du sol datant de la fin du Secondaire.

M. J. Cuvillier a reconnu que les différents termes du Nummulitique sont inégalement représentés en Égypte, les premiers vers le Sud et les autres s'étalant progressivement vers le Nord, par suite d'une transgression qui, dans les régions septentrionales, met successivement l'Éocène moyen et l'Éocène supérieur en contact avec des terrains secondaires.

L'auteur a fourni une importante contribution à l'étude de la stratigraphie du nord de l'Égypte par de nombreuses observations en des points encore inexplorés. En s'inspirant, notamment, des caractères fournis par les faunes de Rhizopodes, il a modifié les grandes divisions établies dans l'Éocène égyptien. Au point de vue paléontologique, il a fait ressortir, par une importante série de belles planches, l'étonnante richesse en microorganismes des sédiments nummulitiques, et décrit une soixantaine d'espèces nouvelles de fossiles, principalement fournies par les Mollusques. Une *Nouvelle contribution à la paléontologie du Nummulitique égyptien* (8 pl.), publiée cette année même, complète ces données.

Prenant en considération les résultats obtenus, l'importance de la surface explorée et les difficultés que rencontre tout travailleur isolé en pays lointain, la Commission propose, à l'unanimité, le prix Victor Raulin pour M. **Jean Cuvillier**.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX JOSEPH LABBÉ.

(Commissaires : MM. A. Lacroix, Barrois, Douvillé, Wallerant, Mangin, L. de Launay, Sabatier, Cayeux ; Ch. Jacob, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Pierre Despujols**, pour ses travaux sur la mise en valeur des richesses minérales du Maroc.

Ingénieur en chef des mines, directeur du Service des mines et de la

Carte géologique du Maroc depuis une quinzaine d'années, M. Pierre Despujols est un des meilleurs animateurs de notre activité scientifique extérieure. Sous son impulsion, suivant étroitement la pacification des régions insoumises, le Maroc entier fait l'objet d'études géologiques. De nombreuses cartes et mémoires ont paru sous la signature de MM. Lecointre, Daguin, Moret, Roch, Bourcart, Fallot, H. Termier, Lacoste, etc. M. **Despujols** est lui-même l'auteur d'intéressantes notes sur les gîtes minéraux et l'industrie minière et aussi d'un historique sur les recherches géologiques depuis l'origine, travail où l'on ne relève qu'une omission, celle du rôle prépondérant qu'il a joué dans l'organisation de la recherche pendant la période récente.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX JAMES HALL.

(Commissaires : MM. A. Lacroix, Barrois, Douvillé, Wallerant, Mangin, L. de Launay, Sabatier, Cayeux, Ch. Jacob.)

Le prix est prorogé à 1934.

BOTANIQUE.

PRIX DESMAZIÈRES.

(Commissaires : MM. Bouvier, A. Lacroix, Mangin, Costantin, Lecomte, G. Bertrand, Molliard, Blaringhem; Dangeard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **René Vandendries**, docteur ès sciences de l'Université de Louvain, inspecteur de l'enseignement, pour ses travaux sur la sexualité des Basidiomycètes.

Les recherches concernant les phénomènes connus sous le nom d'*homothallie* et d'*hétérothallie* ont pris, dans ces dernières années, une extension

considérable : elles s'adressent maintenant non seulement aux Champignons, mais aussi à certaines Algues : toutes ont comme point de départ la féconde découverte de Blakeslee chez les Mucorinées.

On connaît actuellement de nombreux exemples de cette curieuse propriété dans les différents groupes de Champignons et M. Vandendries est l'un de ceux qui l'ont étudiée avec le plus de succès.

Ce savant s'est attaché de façon particulière à l'étude des *mutations* de caractère sexuel et voici en quoi celles-ci consistent chez les Basidiomycètes.

Les spores issues des carpophores d'espèces hétérothalles sont haploïdes et donnent uniquement des végétations monospermes stériles : il est nécessaire pour obtenir des carpophores que deux mycéliums monospermes de sexe différent arrivent à se conjuguer entre eux.

M. Vandendries a constaté cependant que parfois, dans une espèce hétérothalle, le mycélium produisait sans conjugaison avec un autre des fructifications normales : c'est ce qu'il appelle la mutation hétérohomothallique qui a été observée dans les *Coprinus radians*, *C. lagopus*, *C. Rostrupianus*, *C. micaceus*, etc.

L'auteur, à propos du *Coprinus micaceus*, a formulé dans un mémoire d'un grand intérêt les conclusions suivantes :

Les populations de cette espèce vivant dans des régions très éloignées les unes des autres sont stériles quand on les met en contact : elles sont fertiles entre elles quand elles proviennent d'une même région.

Ces observations, jointes à celles qui ont trait à la *bipolarité* ou à la *tétrapolarité* des spores d'une baside dans une espèce donnée, suffisaient à retenir l'attention de votre Commission qui propose d'attribuer le prix Desmazières à M. **Vandendries.**

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX MONTAGNE.

(Commissaires : MM. Bouvier, A. Lacroix, Costantin, Lecomte, Dangeard, G. Bertrand, Molliard, Blaringhem; Mangin, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Roger Heim**, sous-directeur du laboratoire de cryptogamie au Muséum national d'histoire naturelle, pour ses travaux de mycologie.

M. Heim a attiré l'attention par ses recherches sur les Champignons

considérés dans leur structure et leurs affinités, par des observations sur les bactéries des zostères et sur l'importance de la disparition des prairies de ces plantes.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX THORE.

(Commissaires : MM. Bouvier, A. Lacroix, Mangin, Costantin, Lecomte, Dangeard, G. Bertrand, Molliard, Blaringhem.)

Le prix n'est pas décerné.

PRIX DE COINCY.

(Commissaires : MM. Bouvier, A. Lacroix, Mangin, Costantin, Lecomte, Dangeard, G. Bertrand, Molliard; Blaringhem, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Louis Emberger**, docteur ès sciences, professeur à l'Institut des hautes études marocaines, chef du Service de botanique de l'Institut scientifique chérifien, pour l'ensemble de ses travaux.

Cytologiste distingué, M. Emberger signala le premier la réversibilité mitochondriale, établit une série de termes de passage, quant à la structure du chondriome, entre les plantes vertes, les champignons, les organes souterrains, les plantes sans chlorophylle. Sa thèse de doctorat sur l'origine et l'évolution des plastides chez les Ptéridophytes fut très remarquée.

Depuis 1923, M. Emberger est attaché au Service des Études de botanique de l'Afrique du Nord et dirige les explorations au Maroc. Il a précisé les caractères et les limites de la flore dite méditerranéenne, proposé des subdivisions qui précisent les analogies et les différences de celles-ci avec les Flores du Cap et de la Californie, adopté une méthode originale de classement des végétaux que complètent des herbiers, des réserves, des cultures en montagne qui font du domaine chérifien un des mieux connus. La distinction accordée à M. **Emberger** fait le plus grand honneur au jeune savant et aux maîtres, MM. A. Guilliermond et R. Maire, qui l'ont formé.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

ÉCONOMIE RURALE.

PRIX BIGOT DE MOROGUES.

(Commissaires : MM. Mangin, Costantin, Marchal, Leclainche, Viala, Calmette, Lapicque, Fosse; Roux, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Serge Winogradsky**, Associé étranger de l'Académie des sciences, pour l'ensemble de ses travaux sur la microbiologie du sol.

L'Académie ne dispose que du seul prix Bigot de Morogues pour les sciences agricoles, et ce prix de valeur très modeste n'est distribué que tous les dix ans. La Commission a pensé qu'il devait être réservé aux savants dont les travaux font époque en Économie rurale. Elle propose de l'attribuer à notre confrère, M. **Serge Winogradsky**, pour son œuvre sur la microbiologie du sol et notamment pour les méthodes qu'il vient d'introduire dans la science pour l'isolement et sa culture des azotobacters et des microbes nitrifiants dans des conditions se rapprochant autant que possible de celles existant dans le sol.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

ANATOMIE ET ZOOLOGIE.

PRIX DA GAMA MACHADO.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, Bouvier, A. Lacroix, Douvillé, Joubin, Mesnil, Gravier, Caullery; Marchal, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Jean Verne**, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris, pour ses ouvrages intitulés :

Couleurs et pigments des êtres vivants et *Les données biologiques du problème pigmentaire des invertébrés à l'homme.*

M. **Jean Verne**, depuis ses premières recherches portant sur les pigments tégumentaires des Crustacés décapodes (*Thèse de Doctorat ès sciences* de 1921), a consacré une très grande part de son activité scientifique à tous les problèmes que soulève l'étude de la pigmentation chez les animaux.

Ainsi qu'il l'a fait ressortir par ses propres travaux et par la synthèse qu'il nous a donnée de ceux des autres chercheurs, l'étude histochimique des transformations des pigments fournit des données particulièrement précieuses pour la connaissance générale du métabolisme chez les animaux. Les Invertébrés sont riches d'enseignement à cet égard et c'est chez eux que M. Verne a trouvé les sujets d'étude les plus favorables pour l'analyse des deux séries de métabolisme pigmentaire les plus intéressantes, celle des mélanines ou série azotée et celle des carotinoïdes.

La genèse de la mélanine, qui constitue la substance pigmentaire typique des Vertébrés supérieurs, se trouve très utilement éclairée par ses recherches sur les Crustacés. Histologiquement et chimiquement, l'auteur apporte la démonstration que cette substance est formée par l'action d'un ferment du groupe des tyrosinases sur des produits de régression des matières protéiques, il nous fait connaître les étapes intermédiaires du processus et nous fait assister à l'apparition graduelle sur le substratum mitochondrial de la mélanine aux dépens d'un pigment transitoire amino-acide.

Les travaux de M. Verne sur la série carotinoïde n'offrent pas un moindre intérêt. En obtenant la cristallisation *in vitro* et dans les téguments des Crustacés de la carotine animale qui constitue le principe essentiel de la zooérythrine, il apporte une contribution de grande valeur à nos connaissances sur cette importante substance pigmentaire. D'autre part il nous montre comment les pigments de la même série peuvent se combiner aux substances protéiques et former ainsi les substances qu'il a désignées sous les noms de carotinalbumines ou carotiprotéides, susceptibles elles-mêmes de se dissocier sous diverses influences en déterminant de remarquables changements de couleurs. Rappelons encore que les expériences de M. Verne sur les Daphnies ont mis en évidence l'origine exogène de l'hémoglobine chez ces animaux et son élaboration par l'organisme aux dépens de la chlorophylle et du fer qui se trouvent dans le milieu où elles vivent : il en résulte que la désintégration de la chlorophylle d'origine alimentaire peut jouer un rôle important dans l'édification des pigments hémoglobinoïdes.

En dehors de ses recherches personnelles, M. Verne a apporté une très importante contribution au progrès de nos connaissances sur les pigments par la publication de travaux d'ensemble sur toutes les questions que soulève leur étude, tant au point de vue de la physiologie et de la biologie générale qu'à celui de la pathologie humaine. Ses deux livres intitulés *Les pigments dans l'organisme animal* et *Les couleurs et pigments des êtres vivants*, ainsi que la série d'études qu'il a fait paraître dans les *Revues scientifiques et médicales* permettent au biologiste, au physiologiste et au médecin de se documenter d'une façon aussi précise que possible sur toutes les questions qui directement ou indirectement se trouvent liées à l'histoire de la pigmentation des êtres vivants.

C'est assez dire que l'œuvre de M. **Jean Verne** répond en tous points au programme du prix Da Gama Machado et la Commission propose que ce prix lui soit décerné.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX SAVIGNY.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, Bouvier, A. Lacroix, Douvillé, Marchal, Joubin, Gravier, Caullery; Mesnil, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Georges Sénevet**, professeur de parasitologie et zoologie médicale à la Faculté mixte de médecine et de pharmacie à Alger et chef de Laboratoire à l'Institut Pasteur d'Algérie, pour ses travaux concernant les Arthropodes suceurs de sang de l'Algérie et, plus généralement, du bassin méditerranéen. Après avoir étudié les Ixodinés, il s'est adonné à la systématique eulicidienne et plus spécialement des formes nymphales des Anophèles auxquelles il a consacré d'intéressants mémoires.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

MÉDECINE ET CHIRURGIE.

PRIX MONTYON.

(Commissaires : MM. Branly, Ch. Richet, Quénu, Bazy, Mesnil, Vincent, Calmette ; A. d'Arsonval, Roux, Leclainche, Achard, rapporteurs.)

La Commission propose de décerner :

Un prix de 2500^{fr} à M. **Charles Cot**, médecin lieutenant-colonel, chef du Centre d'enseignement et de recherches des secours aux asphyxiés de la Ville de Paris et du département de la Seine, pour son ouvrage intitulé : *Asphyxies du temps de Paix : Submersion, Électrocution, Intoxication oxycarbonique, et du temps de Guerre : Gaz de combat, Guide du sauveteur spécialisé ;*

Un prix de 2500^{fr} à M. **Paul Durand**, chef de laboratoire à l'Institut Pasteur de Tunis, pour ses recherches sur la fièvre boutonneuse ;

Un prix de 2500^{fr} à M. **Jean Lereboullet**, chef de clinique à la Faculté de médecine, ancien interne des Hôpitaux, pour son ouvrage intitulé : *Les tumeurs du quatrième ventricule ;*

Une mention honorable de 1500^{fr} est accordée à M. **J.-A. Lièvre**, ancien interne des Hôpitaux de Paris, médecin assistant à l'Hôpital Trousseau, pour son ouvrage intitulé : *L'Ostéose parathyroïdienne et les ostéopathies chroniques ;*

Une mention honorable de 1500^{fr} est accordée à MM. **Adolphe Zimmern**, membre de l'Académie de médecine, professeur agrégé de la Faculté de médecine, et **J.-A. Chavany**, ancien chef de clinique à la Faculté, médecin de l'Institut municipal d'Électro-radiologie, pour leur ouvrage intitulé : *Diagnostic et thérapeutique électro-radiologique des maladies du système nerveux ;*

Une mention honorable de 1500^{fr} à M. **Henri Velu**, docteur vétérinaire, chef du laboratoire de recherches du Service de l'élevage au Maroc, pour son ouvrage intitulé : *Le Darmous* (*ou Dermes*) *;*

Une citation est accordée à M. **Nguyên-Van-Khai**, médecin de la clinique de Khanh-Hôi, à Saïgon, pour son ouvrage intitulé : *Contribution à l'étude de la prophylaxie du choléra par la vaccination anticholérique.*

Rapport de M. A. D'ARSONVAL *sur les travaux de M.* **CHARLES COT.**

Le volume que nous a présenté le docteur **COT** sur les asphyxies du temps de paix et du temps de guerre est un travail de première importance.

Il constitue le guide du sauveteur spécialisé.

En raison de sa longue expérience comme médecin du régiment des sapeurs pompiers de Paris, le docteur **COT** a organisé un service de ce genre qui fonctionne régulièrement et qui a par conséquent la sanction de la pratique. On trouvera dans ce volume les détails de cette organisation modèle où l'auteur fait usage non seulement de procédés connus, mais y a ajouté des méthodes et des modifications personnelles qui méritent d'être récompensées tant pour leur originalité que pour leur efficacité.

Rapport de M. ROUX *sur les travaux de M.* **PAUL DURAND.**

La fièvre boutonneuse est transmise à l'homme par la tique du chien. Cependant, il a été impossible de mettre en évidence le virus boutonneux chez le chien porteur de tiques infectantes, non plus que de communiquer la maladie au chien par l'inoculation de virus boutonneux humain. Le chien paraît donc absolument réfractaire à la fièvre boutonneuse et l'on en était arrivé à croire que le virus boutonneux est un virus propre à la tique, se transmettant de tique à tique héréditairement.

M. **DURAND**, en séparant des chiens de leur mère dès leur naissance et les élevant à l'abri de toute contamination, a constaté que ces jeunes prenaient la fièvre boutonneuse, soit qu'on leur inocule le virus, soit qu'on les fasse piquer par des tiques prélevées sur leurs parents. Il est possible de faire des passages de chiot à chiot. Cette maladie est chez eux très bénigne et leur confère une immunité pour le reste de leur existence. Dans les conditions ordinaires, la transmission se fait donc de tique à chiot et de chiot à tique.

Rapport de M. ACHARD *sur l'ouvrage de M.* **JEAN LEREBOULLET,**
intitulé : Les tumeurs du quatrième ventricule.

M. **JEAN LEREBOULLET** a écrit une monographie des tumeurs du quatrième ventricule, dans laquelle il a étudié avec grand soin non seulement les phénomènes cliniques qu'elles peuvent engendrer, mais aussi les lésions diverses qu'elles entraînent et la structure variée des néoplasmes. Enfin, il a mis au point la question nouvelle du traitement chirurgical.

Une bibliographie copieuse termine l'ouvrage, au cours duquel l'auteur a rapporté plusieurs observations personnelles.

Rapport de M. Achard *sur l'ouvrage de M.* **J.-A. Lièvre**, *intitulé :* L'ostéose parathyroïdienne et les ostéopathies chroniques.

L'auteur a pris pour base de son étude trois observations personnelles de tumeurs parathyroïdiennes accompagnées de lésions osseuses diffuses avec décalcification.

Il expose les relations qu'on a cherché à établir entre l'adénome parathyroïdien et les divers types d'affections décalcifiantes, qui ne sont pas toujours très bien définis nosologiquement.

Le travail de critique auquel il s'est livré a le mérite de poser plus nettement le problème que soulève cette question très discutée.

Rapport de M. A. d'Arsonval *sur le livre de MM.* **Zimmern** *et* **Chavany**, *intitulé :* Diagnostic et thérapeutique électroradiologique des maladies du système nerveux.

Grâce à l'électricité, le diagnostic et la thérapeutique des maladies du système nerveux font chaque jour de grands progrès. La notion de chronaxie due à notre confrère Lapicque a singulièrement facilité le diagnostic. Les rayons X, tout en jouant un rôle analogue, y ont ajouté un complément thérapeutique qui enrichit le traitement par les différentes formes du courant électrique, base de l'Électrothérapie.

C'est dire l'importance que prend la physique en neuropathogie.

L'ouvrage qui nous est soumis est l'œuvre d'un neurologue doublé d'un physicien, M. le professeur **Zimmern**, qui s'est associé son élève le docteur **Chavany**. Leur livre est donc le fruit d'une longue pratique au lit du malade, guidée par les précisions de la physique. Les médecins y trouveront un guide sûr dans une matière qui s'enrichit de notions nouvelles dues à ces auteurs.

Rapport de M. Leclainche *sur l'ouvrage de M.* **Henri Velu**, *intitulé :* Le Darmous (ou Dermes).

Dans les zones à phosphates du Maroc, les animaux abreuvés avec les eaux qui ont traversé les gisements subissent une intoxication lentement

progressive due au fluor dissous. Chez les agneaux, il se produit une dystrophie des dents sorties après le sevrage (darmous); chez tous les moutons, on observe une cachexie progressive aboutissant le plus souvent à la mort.

M. **Velu**, par une longue série d'expériences, a démontré l'origine jusqu'ici insoupçonnée des accidents et résolu ainsi un important problème d'hygiène publique et de zootechnie.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX BARBIER.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, Roux, Branly, Ch. Richet, Quénu, Leclainche, Bazy, Mesnil, Vincent, Calmette; Achard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Augustin Boutaric**, professeur à la Faculté des sciences de Dijon.

M. **Boutaric** poursuit depuis 1920 des recherches sur les propriétés des colloïdes et sur leurs rapports avec divers phénomènes biologiques.

Il a reconnu que l'addition à une solution colloïdale d'une faible quantité d'un électrolyte protège cette solution contre la floculation par des doses massives du même électrolyte et que, au contraire, l'addition d'une très faible quantité d'une autre solution colloïdale de signe opposé rend la première plus sensible à l'action ultérieure de la seconde. On peut voir dans ces phénomènes physiques une image des actions vaccinales et anaphylactiques.

M. Boutaric a découvert que de petites quantités de substance fluorescente rendent une solution colloïdale plus sensible à l'action floculante de la lumière, phénomène qui peut être rapproché de l'action bactéricide de certaines substances fluorescentes sous l'action de la lumière.

M. Boutaric a imaginé une méthode qui permet de calculer dans une suspension colloïdale le nombre de granules fournis par 1^g de la matière en suspension prise à l'état sec, et il a appliqué cette méthode à l'étude des sérums.

Une des applications les plus intéressantes est celle qui en a été faite au sérum sanguin dans les œdèmes brightiques : la recherche de la viscosité après chauffage à diverses températures a montré que les granules colloïdaux du sérum, dans ces affections, ont perdu en grande partie leur aptitude à l'hydratation.

M. Boutaric a reconnu que la méthode d'extraction des protéines sériques par l'acétone à froid laisse intactes leurs propriétés physiques.

Il convient encore de citer les recherches que poursuit M. **Boutaric** sur la décoloration du bleu de méthylène par le tissu hépatique et par le lait, recherches qui permettent d'envisager une méthode d'étude des sérums.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX BRÉANT.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, Roux, Branly, Ch. Richet, Quénu, Leclainche, Bazy, Vincent, Calmette, Achard; Mesnil, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à MM. **Georges Le Dentu**, médecin lieutenant-colonel des troupes coloniales, directeur du Service de santé du Cameroun, **Adolphe Sicé**, médecin lieutenant-colonel des troupes coloniales, professeur à l'École d'application de Marseille, et **Marcel Vaucel**, médecin-commandant des troupes coloniales, pour le travail fructueux qu'ils ont accompli à l'Institut Pasteur de Brazzaville, dont ils ont été successivement directeurs, sur la thérapeutique de la trypanosomiase humaine. Ils ont ainsi apporté leur part à l'œuvre qui se poursuit, avec continuité, depuis la création de cette filiale de l'Institut Pasteur.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX GODARD.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, Roux, Branly, Richet, Quénu, Leclainche, Mesnil, Vincent, Calmette, Achard; Bazy, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Henry Blanc**, ancien chef de clinique des maladies des voies urinaires à la Faculté de médecine de Bordeaux, pour son ouvrage intitulé : *L'épreuve de la phénol-sulfone-phtaléine (P. S. P.) en chirurgie urinaire*.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX MÈGE.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, Roux, Branly, Richet, Quénu, Leclainche, Bazy, Mesnil, Vincent, Calmette, Achard; Desgrez, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Edgard Zunz**, professeur à l'Université de Bruxelles, membre titulaire de l'Académie royale de médecine de Belgique, pour son ouvrage intitulé : *Éléments de pharmacodynamie générale*.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX BELLION.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, Roux, Branly, Richet, Quénu, Leclainche, Bazy, Mesnil, Vincent, Calmette, Achard; G. Bertrand, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à Mme **Lucie Randoin**, directrice du Laboratoire de physiologie de la nutrition à l'École des Hautes Études et à l'Institut de recherches agronomiques, pour ses travaux sur les vitamines.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX DU BARON LARREY.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, Roux, Branly, Ch. Richet, Quénu, Leclainche, Bazy, Mesnil, Vincent, Calmette, Achard; Maurain, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Félix Pasteur**, médecin-colonel à l'Hôpital du Val-de-Grâce, qui est l'auteur de très intéressants travaux portant sur : l'utilisation du rayonnement solaire au chauffage de l'eau et à l'épuration des eaux des régions sahariennes par distillation; l'épuration générale des eaux par des procédés chimiques et aussi par centrifugation; les conditions de la condensation de la vapeur

d'eau par le sol. Ces travaux ont eu diverses applications pratiques importantes, en particulier dans l'Afrique du Nord. Le médecin-colonel **Pasteur**, en vue de poursuivre ces travaux et d'étudier les applications qu'on en peut faire, a accompli au Maroc une mission à laquelle il s'est consacré avec ardeur et dévouement, sans se soucier de fatigues allant jusqu'à altérer sa santé.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX ARGUT.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, Roux, Branly, Ch. Richet, Quénu, Leclainche, Bazy, Mesnil, Vincent, Calmette, Achard.)

Le prix n'est pas décerné.

PHYSIOLOGIE.

PRIX MONTYON.

(Commissaires : MM. d'Arsonval, Roux, Mangin, Ch. Richet, Quénu, Mesnil, Gravier; Lapicque, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Jean Gautrelet**, agrégé de physiologie des Facultés de médecine, directeur de laboratoire à l'École pratique des Hautes Études, pour son ouvrage intitulé : *Éléments de technique physiologique*.

Le D[r] Jean Gautrelet présente un volume élégamment imprimé et illustré, intitulé : *Éléments de technique physiologique*. C'est la synthèse d'un bel effort pédagogique poursuivi avec persévérance par le D[r] Gautrelet depuis près de 10 ans. Ces conférences pratiques et techniques physiologiques connaissent un succès mérité, et je puis témoiger par ce que j'ai pu voir sur un assez grand nombre de mes élèves, qu'elles ont une utilité réelle.

Le volume présenté contient nombre de renseignements précieux, non

seulement pour les débutants, mais pour n'importe quel laboratoire de physiologie; les ouvrages analogues sont maintenant anciens, et devenus inadéquats avec le progrès de la science; celui-ci est d'ailleurs conçu et réalisé d'une façon originale.

Il mérite amplement un prix qui récompense en même temps l'effort pédagogique dont j'ai parlé plus haut.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX POURAT.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, Roux, Mangin, Ch. Richet, Quénu, Mesnil, Gravier; G. Bertrand, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Jean Chaze**, docteur ès sciences, assistant à la Faculté des sciences, pour ses travaux biologiques sur les alcaloïdes du tabac.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX PHILIPEAUX.

(Commissaires : MM. Roux, Mangin, Ch. Richet, Quénu, Mesnil, Gravier; A. d'Arsonval, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Pierre Dussumier de Fonbrune**, pour son mémoire intitulé : *Nouveau micromanipulateur et dispositif pour la fabrication des micro-instruments*.

De même que le physicien passe de l'étude de l'infiniment grand : les corps célestes, à celle de l'infiniment petit, l'atome qui en est la base; de même le biologiste passe de l'être vivant supérieur à la cellule qui en constitue l'atome.

Grâce au progrès de la technique, le biologiste peut aujourd'hui pratiquer la vivisection sur la cellule, la ponctionner, la diviser, l'injecter, etc. Et cela à l'aide d'un instrument, le micromanipulateur, pourvu d'outils à pointes de verre microscopiques que le micrographe peut diriger en tous sens, sous le microscope, avec une extrême précision.

J'ai assisté aux débuts de cette technique à notre laboratoire de Concarneau que dirigeait à l'époque mon ami Chabry (1887).

Depuis, cette méthode a reçu de nombreux perfectionnements de la part de l'étranger et est employée partout. Ces micromanipulations nécessitent quand même un apprentissage long et pénible. Ces dernières difficultés viennent d'être levées chez nous par M. de Fonbrune qui nous a présenté un appareil dont la précision n'a d'égale que la simplicité.

Sa description nous entraînerait trop loin, mais nous pouvons conclure qu'à l'heure actuelle notre pays a dit sur cette méthode le premier et le dernier mot.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX FANNY EMDEN.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, Roux, Mangin, Ch. Richet, Quénu, Mesnil, Gravier; Bouvier et Lapicque, rapporteurs.)

La Commission propose de décerner :

Un prix de 2000[fr] à M. **Herbert H. Jasper**, directeur du laboratoire de psycho-physiologie expérimentale de Bradley Hospital, à Providence, pour ses travaux relatifs à l'analyse psychologique et physiologique des habitudes de droitier, gaucher et ambidextre;

Un prix de 1000[fr] à M[me] **Andrée Courtois-Drilhon**, docteur ès sciences naturelles, pour son ouvrage intitulé : *Études biochimiques sur la métamorphose des Lépidoptères. Les cristaux liquides dérivés du cholestérol. Le phosphore chez les végétaux.*

Rapport de M. Lapicque *sur les travaux de M.* **Jasper**.

M. **Jasper** a trouvé notamment chez l'Homme, par une observation très délicate, que le rapport entre les chronaxies des fléchisseurs et des extenseurs de droite et de gauche est inverse de la normale chez les gauchers. Ayant retrouvé ce phénomène avec une grande netteté chez le Rat, espèce animale où la qualité de droitier et de gaucher se manifeste par un test objectif, il a pu l'étudier expérimentalement à fond. Il s'agit d'un fait de *subordination*, c'est-à-dire de régulation permanente du système nerveux périphérique par les centres supérieurs. Or cette différenciation entre la droite et la gauche fait ordinairement défaut chez les bègues; cette constatation très remarquable, faite antérieurement par M. **Jasper**, devient alors

une confirmation précise de la théorie avancée par M. Travis sur d'autres bases, à savoir que ce défaut de parole résulte du conflit entre les deux hémisphères cérébraux, dont aucun n'a su prendre la commande exclusive des organes de phonation.

Rapport de M. Bouvier *sur les travaux de Mme* **Andrée Courtois-Drilhon**.

Ces travaux, qui servirent de thèse à l'auteur, conduisent aux deux résultats essentiels suivants : 1° les leucocytes des larves en métamorphose contiennent un ferment protéolytique qui exerce son action en milieu alcalin, à la température de 38°, et digère les matières protéiques; cette action commence au début du filage du cocon et devient intense le premier jour de la métamorphose; 2° les extraits glycérinés des tissus histolysés montrent la présence de *phosphatases* qui jouent un grand rôle dans les mutations du phosphore total, lequel, chez l'adulte, est presque entièrement contenu dans les produits génitaux.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

STATISTIQUE.

PRIX MONTYON.

(Commissaires : MM. Émile Picard, Lecornu, Lecomte, M. d'Ocagne, Lebesgue, Drach; Émile Borel, rapporteur.)

La Commission propose de décerner un prix de 2000fr à M. **Charles Marie**, docteur ès sciences, directeur du laboratoire d'électrochimie de l'École pratique des Hautes-Études, pour son importante contribution aux *Tables annuelles de constantes et données numériques de chimie, de physique, de biologie et de technologie*.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

HISTOIRE ET PHILOSOPHIE DES SCIENCES.

PRIX BINOUX.

(Commissaires : MM. Émile Picard, L. de Launay, Richet, Borel, Matignon, Caullery; Bouvier, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Louis Pasteur-Vallery-Radot**, professeur agrégé à la Faculté de médecine, pour sa contribution à la publication des *Œuvres de Pasteur* dont le dernier volume vient de paraître. C'est un monument admirable élevé à l'immortel biologiste par l'ardente piété de son petit-fils.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

OUVRAGES DE SCIENCES.

PRIX HENRI DE PARVILLE.

(Commissaires : MM. Ch. Richet, Ém. Borel, A. Lacroix, Gravier, Janet; Émile Picard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Gustave Juvet**, doyen de la Faculté des sciences de Lausanne, pour son ouvrage intitulé : *La structure des nouvelles théories physiques*.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

MÉDAILLES.

MÉDAILLE BERTHELOT.

La médaille est décerné :

à M. **Georges Darzens**, lauréat du prix Montyon des arts insalubres;
à Mme **Pauline Ramart-Lucas**, lauréate d'un prix Jecker;
à M. **Raymond Delaby**, lauréat d'un prix Jecker;
à M. **Henri Moureu**, lauréat du prix Berthelot;
à M. **Paul Laffitte**, lauréat du prix Houzeau.

PRIX GÉNÉRAUX.

PRIX FONDÉ PAR L'ÉTAT.

GRAND PRIX DES SCIENCES PHYSIQUES.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval. A. Lacroix, Barrois, Douvillé, Le Chatelier, Caullery; Dangeard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Clodomir Houard**, professeur à l'Université, directeur de l'Institut et du Jardin botanique de Strasbourg, pour l'ensemble de son œuvre sur les Cécidies.

Ce savant a réalisé une œuvre considérable à laquelle il s'est dévoué tout entier. Ayant constaté au début de sa carrière les grandes difficultés que présentait l'étude des galles, il s'est efforcé d'en faciliter l'étude en dressant un inventaire complet de ces productions.

Ce travail, qui comprend actuellement six gros volumes, contient la description des espèces de cécidies qui se trouvent représentées dans les

diverses parties du monde; le septième volume, concernant l'Amérique du Nord, est en préparation.

M. Houard s'est attaché dans toutes ses descriptions à établir de la façon la plus nette les rapports qui existent dans chaque cas entre l'insecte et la tumeur produite sur la plante; il a montré dans cette recherche particulièrement délicate ses qualités de bon anatomiste et d'habile observateur.

Les ouvrages de M. Houard, abondamment illustrés de sa main, contiennent, à côté de la partie scientifique qui en a fait la valeur, de précieux renseignements bibliographiques.

L'étude des galles touche à la Botanique d'un côté, à la Zoologie de l'autre; si les botanistes sont d'accord sur les mérites des recherches de M. **Houard** et sur leur utilité pratique, les zoologistes ne sont pas moins affirmatifs et l'un deux, notre confrère le professeur Bouvier, a pu qualifier de monument grandiose élevé à la cécidologie l'œuvre de toute une vie que l'Académie est appelée à récompenser aujourd'hui.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX BORDIN.

(Commissaires : MM. Émile Picard, Painlevé, Lecornu, Hadamard, Goursat, Émile Borel; Lebesgue, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Szolem Mandelbrojt**, professeur à la Faculté des sciences de Clermont-Ferrand, pour son mémoire *Sur l'unicité des séries de Fourier*.

L'Académie avait proposé pour le prix Bordin de 1933 la recherche d'une liaison entre les deux procédés classiques d'intégration des équations de la physique et elle avait suggéré que les progrès récemment faits dans la théorie des séries de Fourier, par exemple, permettraient peut-être d'aborder cette question difficile par certains à côté.

Deux mémoires ont été présentés. Vôtre Commission a dû écarter l'un d'eux, malgré son intérêt évident, parce que l'auteur se bornait à déclarer que ses résultats devaient pouvoir servir à l'étude de la question proposée, sans en apporter aucun commencement de preuve; mais elle espère vivement que d'ici peu l'auteur donnera cette preuve. Elle a retenu l'autre mémoire : *Sur l'unicité des séries trigonométriques*, dont l'auteur est M. S. Mandelbrojt, parce que les raisonnements qu'il contient sont basés

sur des prémisses dont les unes sont de la nature de celles qu'on ne saurait utiliser que dans la première des deux méthodes d'intégration qu'on proposait de rapprocher, tandis qu'on ne saurait utiliser les autres que dans la seconde méthode. Ce faisant, M. Mandelbrojt a, du moins, préparé la collaboration des deux méthodes.

M. Mandelbrojt démontre, par exemple, que si une fonction est nulle (ou quasi-analytique) dans une partie de son intervalle d'existence, et si, de plus, sa série de Fourier est assez largement lacunaire, la fonction est identiquement nulle (ou partout quasi-analytique). Pour parvenir à de tels énoncés l'auteur doit vaincre de très grosses difficultés techniques; il le fait par des procédés fort personnels et assez féconds pour être conduit, incidemment, à élargir la classe des fonctions quasi-analytiques de MM. Denjoy et Carleman.

Cette contribution heureuse à la si difficile théorie des fonctions quasi-analytiques, l'extension inattendue donnée par M. Mandelbrojt à ses résultats antérieurs sur les séries lacunaires — comme aussi ces résultats eux-mêmes —, enfin le très léger rapprochement établi par son mémoire entre les deux procédés d'intégration envisagés ont conduit votre Commission à vous proposer d'attribuer à M. **Mandelbrojt** le prix Bordin.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX LALLEMAND.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, Bouvier, Marchal, Richet, Joubin, Mesnil, Gravier; Lapicque, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Alexandre Monnier**, chargé de recherches à la Sorbonne.

Le travail de M. Monnier, résumé dans trois notes qui sont des prises de dates, rédigé en détail dans une Thèse déposée à la Faculté des sciences et à l'Académie en manuscrit, apporte à nos connaissances sur le mécanisme physico-chimique des fonctionnements nerveux une constatation d'un exceptionnel intérêt.

J'ai montré, il y a quelques années, que l'excitabilité d'un neurone peut être modifiée par l'action d'un autre neurone et lui imposer ce que j'ai appelé une chronaxie de subordination. Cette notion a déjà été développée par divers expérimentateurs et cliniciens, et pris de l'importance en physio-

logie et en neuropathologie. Mais elle restait empirique, difficile à comprendre, peut-être même paradoxale au point de vue théorique.

M. Monnier, en étudiant à l'oscillographe cathodique les caractères de l'influx dans un nerf soumis à la subordination, a observé, par rapport à l'influx normal, des altérations systématiques qu'il a ingénieusement rapprochées de celles récemment signalées dans un nerf soumis à un anelectrotonus léger. *Anelectrotonus* veut dire au fond : accroissement de la charge positive naturelle du nerf. Et, en effet, M. **Monnier** a pu démontrer directement dans le nerf soumis à la subordination cet accroissement de charge positive.

Ceci est une démonstration cruciale de la nature physico-chimique d'un phénomène qui paraît essentiel pour la coordination des mouvements. Il s'agit donc d'un progrès remarquable dans la voie où la physiologie s'efforce de suivre le programme donné par Claude Bernard à la physiologie générale, physique et chimie de la matière vivante.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX PETIT D'ORMOY.

SCIENCES MATHÉMATIQUES.

(Commissaires : MM. Émile Picard, Painlevé, Lecornu, Hadamard, Lebesgue, Fichot; Émile Borel, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Arnaud Denjoy**, professeur à la Faculté des sciences de Paris, pour l'ensemble de ses travaux mathématiques.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX PETIT D'ORMOY.

SCIENCES NATURELLES.

(Commissaires : MM. Roux, A. Lacroix, Douvillé, Mangin, Dangeard, Joubin, Mesnil; Bouvier, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Louis Léger**, correspondant de l'Académie des sciences, professeur à la Faculté des sciences de Grenoble, pour l'ensemble de ses travaux de zoologie théorique et appliquée.

M. Léger s'est acquis une réputation des plus enviables par ses importants travaux sur les Sporozoaires et les Flagellés. Depuis sa thèse, soutenue en 1892, et consacrée aux Grégarines, il a étendu ses recherches à de nombreux Sporozoaires, tant cocciḍiformes que grégariniformes. Après la découverte, par Schaudinn et Siedlecki, des phénomènes sexuels chez les Coccidiens et les Grégarines, il a étudié ces phénomènes d'une façon magistrale chez diverses formes, montrant une habilité hors de pair dans la culture des kystes. Son mémoire sur le cycle du *Stylorhynchus longicollis* atteint pour ainsi dire la perfection. On lui doit aussi la connaissance de nombreux Sporozoaires grégariniformes et de Flagellés parasites de l'intestin des Insectes.

A partir de 1905, en collaboration avec Duboscq, il a étudié les Sporozoaires du groupe des Aggrégatines, montrant que ces dernières sont le stade agame, s'effectuant dans les Crabes, du cycle des formes trouvées chez les Céphalopodes et considérées jusque-là comme des Coccidies. Les mêmes auteurs ont fait connaître des types nouveaux de Champignons inférieurs vivant dans l'intestin des Crustacés et des Insectes.

Une œuvre considérable et d'une réelle importance pratique a été réalisée par M. Léger dans le domaine de l'hydrobiologie et de la pisciculture : c'est la création à Grenoble d'un Institut de pisciculture modèle et d'étude biologique des eaux douces alpines, avec la publication d'un périodique où sont réunis les travaux exécutés dans cette voie.

Payant largement de sa personne et animant son laboratoire où ses élèves produisirent plusieurs thèses importantes, M. **Léger** est un maître et un grand laborieux, en même temps un modeste que votre Commission est heureuse de proposer à l'unanimité pour le prix Petit d'Ormoy.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX ESTRADE-DELCROS.

(Commissaires : MM. Deslandres, Baillaud, Hamy, Goursat, Émile Borel, Lebesgue; Émile Picard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Ernest Vessiot**, professeur à la Faculté des sciences de l'Université de Paris, pour l'ensemble de son œuvre scientifique.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX LE CONTE.

(Commissaires : MM. Ch. Richet, Émile Borel, Émile Picard, A. Lacroix, Mangin, Marchal, Joubin, Mesnil, Gravier, Caullery; Bouvier, rapporteur.)

La Commission propose à l'unanimité d'attribuer le prix le Conte à M. **Eugène Bataillon**, correspondant de l'Académie des sciences, professeur à la Faculté des sciences de Montpellier, pour ses travaux sur la parthénogenèse expérimentale.

M. Bataillon fut indirectement conduit à ces travaux par une grande étude sur la pression osmotique publiée en 1900, c'est-à-dire peu après l'époque où Loeb venait de réussir, par un double traitement chimique, la parthénogenèse expérimentale chez les Échinodermes et attribuait ce phénomène à l'action des ions métalliques; avant tout autre, comme l'a écrit Delage, et dès le 9 juillet 1900, il communiquait à notre Compagnie qu'il s'agit sans doute de simples phénomènes osmotiques, ce que toutes les recherches ont vérifié dans la suite.

Ainsi entraîné dans ce nouveau domaine, M. Bataillon cherche à l'éclairer par des lumières nouvelles et s'adresse pour cela aux Batraciens, qu'il connaissait à merveille depuis sa thèse. En 1906, fécondant les œufs de Crapauds par le germe des Tritons, il obtient les premières phases du développement et observe que le spermatozoïde, bien qu'ayant pénétré dans l'œuf, ne prend aucune part à la formation de l'embryon. C'est un précieux indice. Par une simple piqûre, il obtient le développement jusqu'à la forme adulte. Mais le phénomène lui paraît complexe et il en fait une analyse rigoureuse en le dissociant par lavage des œufs au cyanure, détruisant ainsi les cellules adhérentes qui pourraient être introduites par la piqûre. Alors mis en expérience, les œufs vierges sont simplement *activés* par le stylet, mais leur évolution se limite à la mitose des globules polaires; qu'une cellule vivante soit introduite ensuite, le développement est *régularisé*, il peut conduire jusqu'à la forme définitive.

Activation et régularisation, tels sont les deux phénomènes successifs de la parthénogenèse expérimentale, non seulement dans le mode mécanique qu'il a découvert et décrit de 1910 à 1913, mais dans les modes chimiques appliqués aux Échinodermes par Loeb et par Delage. C'est ce qu'il établit dans une suite d'importants mémoires publiés (certains avec

M. Tchou-Su), de 1920 à 1932, montrant que la parthénogenèse expérimentale, quel qu'en soit le mode, traverse les mêmes stades que la fécondation normale, sauf le dernier, car le noyau de la cellule introduite ne se fusionne pas avec le noyau femelle. C'est là que reste un point à élucider : lorsque l'œuf parthénogenésique évolue en embryon, le nombre normal des chromosomes se rétablit; d'haploïde qu'il était il devient diploïde, mais on ignore par quelle voie. Ainsi, non content d'avoir réalisé la parthénogenèse expérimentale chez les Vertébrés, d'avoir obtenu ce résultat par une méthode qui lui appartient en propre, et d'avoir établi que cette parthénogenèse, quel qu'en soit le mode, présente les mêmes phénomènes, M. **Bataillon** ouvre à la recherche de nouveaux domaines.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX PARKIN.

(Commissaires : MM. d'Arsonval, Roux, Richet, Mesnil, Vincent, G. Bertrand; Desgrez, rapporteur.)

La Commission propose de décerner un prix de 2400^{fr} à M. **René Hazard**, agrégé à la Faculté de médecine de Paris, pour ses travaux de pharmacologie des alcaloïdes.

M. Hazard s'est consacré depuis de nombreuses années à l'étude pharmacodynamique de dérivés complexes du carbone, de certains alcaloïdes comme l'atropine. Il a montré les rapports qui lient l'action physiologique des éléments de cet éther (acide tropique et tropanol) à leur constitution chimique.

Les modifications apportées à la formule de ces éléments entraînent la disparition de certains modes d'action et en font apparaître d'autres.

Des travaux de ce genre permettent de déterminer le rôle joué par certains groupements fonctionnels fixés sur le squelette carboné de la molécule complexe. Ils laissent espérer que des modifications apportées à celle-ci pourront accentuer les effets jugés bienfaisants, diminuer les actions secondaires fâcheuses et mener utilement à des applications thérapeutiques.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX SAINTOUR.

(Commissaires : MM. Baillaud, Hamy, Borel, d'Ocagne, Lebesgue, Cotton; Émile Picard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Georges Giraud**, professeur à la Faculté des sciences de Clermont-Ferrand, en congé, pour ses travaux sur les équations aux dérivées partielles et les équations intégrales.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX LONCHAMPT.

(Commissaires : MM. d'Arsonval, Roux, A. Lacroix, Mangin, Ch. Richet, Leclainche; Gabriel Bertrand, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Edmond Voisenet**, professeur de chimie générale à la Faculté des sciences de Dijon, pour ses travaux sur la production de l'amertume des vins et sur la réaction d'Adamkiewicz.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX WILDE.

(Commissaires : MM. Émile Picard, Deslandres, A. Lacroix, Hamy, Borel, G. Bertrand; Perrin, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à Mme **Irène Joliot-Curie**, chef de travaux à la Faculté des sciences de l'Université de Paris, et M. **Frédéric Joliot**, maître de recherches de la Caisse nationale des sciences, pour le travail expérimental qui a établi l'existence des neutrons.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX GUSTAVE ROUX.

(Commissaires : MM. Charles Richet, Émile Borel, Émile Picard, Lallemand, Bouvier; A. Lacroix, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Maurice Collignon**, commandant le 18e bataillon de chasseurs alpins, pour ses intéressants travaux paléontologiques consacrés aux faunes crétacées et burdigaliennes de Madagascar.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX THORLET.

(Commissaires : MM. Charles Richet, Émile Borel, Émile Picard, A. Lacroix, Lallemand, Bouvier.)

Le prix n'est pas décerné.

PRIX CHARLES DUPIN.

FONDATION JEAN DU HAMEL DE BREUIL.

(Commissaires : MM. Émile Picard, Ém. Borel, d'Ocagne, Lebesgue, Fichot, Ém. Jouguet; Cartan, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Bertrand Gambier**, professeur à la Faculté des sciences de Lille, pour ses travaux de géométrie.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX MARQUET.

(Commissaires : MM. Bouvier, A. Lacroix, Le Chatelier, Joubin, Mesnil, Fosse; Ch. Jacob, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Alexandre Bigot**, correspondant de l'Académie, doyen honoraire de la Faculté des sciences de Caen, pour son œuvre sur la géologie de la Normandie.

M. A. Bigot a consacré près de cinquante années à l'étude de la Normandie, dont il est le géologue contemporain. Indépendamment de mises au point générales, rédigées le plus souvent à l'occasion des nombreuses excursions françaises ou étrangères que M. Bigot a conduites dans son pays, il n'est guère de domaine qui n'ait été renouvelé par ses études. La cartographie détaillée, la stratigraphie des terrains normands, leur tectonique, leurs fossiles, la morphologie quaternaire, le régime des eaux souterraines, la distribution des minerais de fer lui doivent des contributions fondamentales.

Parmi les plus récentes, on retiendra surtout la belle découverte et l'étude du Cambrien fossilifère à Carteret, sur la côte occidentale du Cotentin. Déjà dans sa Thèse inaugurale en 1890, M. **A. Bigot** avait précisé, sous le Silurien fossilifère, la position d'une série, discordante à la base sur les Schistes de Saint-Lô; et, par analogie avec le Pays de Galles, il l'avait attribuée au Cambrien. Mais ce n'est qu'en 1925 que le Cambrien normand a fourni véritablement les restes organiques : Archaeocyathidés, Trilobites, organismes stromatoporides bien curieux, etc. Cette faune s'ajoute à celle, classique, découverte par J. Bergeron dans la Montagne Noire, et il s'agit là des deux plus anciennes associations organiques, comportant divers embranchements et rencontrées jusqu'ici en France.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATIONS SPÉCIALES.

FONDATION LANNELONGUE.

(Commissaires : MM. Ch. Richet, Émile Borel, Émile Picard, Lallemand, Bouvier; A. Lacroix, rapporteur.)

La Commission propose d'attribuer les arrérages de la fondation à Mmes **Gabriel Cusco** et **Raphaël Rück**.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX DES GRANDES ÉCOLES.

PRIX LAPLACE.

Le prix est décerné à M. **Maurice Allais**, né à Paris le 31 mai 1911, sorti premier de l'École polytechnique.

PRIX L.-E. RIVOT.

Le prix est partagé entre les quatre élèves dont les noms suivent, sortis en 1933 avec le n° 1 ou 2 de l'École polytechnique, dans les corps des mines et des ponts et chaussées :

M. **Maurice Allais**, entré premier à l'École des mines, reçoit 750fr.

M. **Raymond Fischesser**, entré second à l'École des mines, reçoit 500fr.

M. **Robert Paoli**, entré premier à l'École des ponts et chaussées, reçoit 750fr.

M. **Max Dumas**, entré second à l'École des ponts et chaussées, reçoit 500fr.

FONDS DE RECHERCHES SCIENTIFIQUES.

FONDATION TRÉMONT.

(Commissaires : MM. Charles Richet, Émile Borel, Émile Picard, A. Lacroix, Lallemand, Bouvier.)

Les arrérages de la fondation ne sont pas attribués.

FONDATION GEGNER.

(Commissaires : MM. Ch. Richet, Émile Borel, Émile Picard, Lallemand, Bouvier; A. Lacroix, rapporteur.)

La Commision propose de décerner un prix de 4000^{fr}, à M. **Valerian Agafonoff**, docteur ès sciences, ancien professeur à l'Université de Tauride.

Minéralogiste russe depuis longtemps fixé en France, M. **Agafonoff** s'est fait connaître tout d'abord par des travaux cristallographiques. Il est actuellement un des spécialistes les plus autorisés en *pédologie*. Le prix que la Commission propose de lui attribuer est destiné à récompenser ses longues et intéressantes recherches sur les sols de la France.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION HIRN.

(Commissaires : MM. Ch. Richet, Émile Borel, A. Lacroix, Lallemand, Bouvier; Émile Picard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner un prix de 2500^{fr} à M. **Paul Ditisheim**, industriel, pour ses travaux sur la chronométrie.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION HENRI BECQUEREL.

(Commissaires : MM. Charles Richet, Émile Borel, A. Lacroix, Lallemand, Bouvier; Émile Picard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner un prix de 3000^{fr} à M. **Ludovic Driencourt**, ingénieur hydrographe en chef de 1re classe, pour ses travaux sur la navigation maritime et les cartes géographiques.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION LOUTREUIL.

(Membres du Conseil : MM. Ch. Richet, Émile Picard, Lallemand, Le Chatelier, Paul Janet; A. Lacroix, rapporteur.)

L'Académie a reçu 38 demandes. Après avis du Comité consultatif de la fondation, le Conseil a décidé d'accorder les 27 subventions qui vont être énumérées suivant leur nature :

I. — *Recherches sur des questions déterminées.*

4000fr à M. **Jean Basset**, professeur à l'École nationale vétérinaire de Lyon, pour ses recherches sur la pathogénie et l'immunisation dans le charbon bactéridien.

3000fr à M. **Charles Lombard**, professeur à l'École nationale vétérinaire de Toulouse, pour ses recherches expérimentales sur la pathogénie des cirrhoses.

3500fr à M. **Pierre Pons**, chef de travaux de zootechnie à l'École nationale vétérinaire de Toulouse, pour des recherches sur les laines produites par les races ovines du centre et du sud de la France.

5000fr à M. **James Basset**, directeur d'un laboratoire de recherches scientifiques aux ultra-pressions, pour ses études de l'influence des hautes pressions sur les phénomènes physiques et chimiques.

5000fr à MM. **Jean Dufay**, directeur de l'Observatoire de Lyon, et **Daniel Chalonge**, astronome-adjoint à l'Observatoire de Paris, pour des recherches chimiques et spectrographiques de l'atmosphère effectuées aux Observatoires du Jungfraujoch et d'Interlaken.

4000fr à M. **André Charriou**, docteur ès sciences, pour ses recherches sur l'image latente photographique.

3000fr à M. **Paul-Henri Fleuret**, vétérinaire-commandant, licencié ès sciences, pour ses études du mécanisme de formation des acides cétoniques et oxaliques.

12000fr au **Laboratoire central d'électricité**, pour l'enroulement de

l'étalon d'inductance en vue de la mesure en valeur absolue de l'unité de résistance électrique.

3000^{fr} à M. **Charles Marie**, directeur du laboratoire d'électrochimie de l'École pratique des Hautes-Études, pour des recherches systématiques en électrochimie.

2000^{fr} à M. **Henri Pollet**, pour ses études de l'électricité atmosphérique au cours des vents de poussière du nord de la Chine.

Recherches à effectuer dans la France d'outre-mer.

15000^{fr} à M. **Henri Humbert**, professeur de botanique au Muséum national d'histoire naturelle, comme contribution aux frais d'une mission à Madagascar et en Afrique australe ayant pour objet l'étude des divers types de végétation et de leurs variations sous l'influence de la nature du sol, de l'altitude, du climat, etc.

7000^{fr} à M. **Louis Dubertret**, chef de la section d'Études géologiques du Haut Commissariat à Beyrouth, Liban, comme contribution à une exploration de la région volcanique désertique du sud-est de Damas, où se trouvent des restes de véritables installations industrielles de l'époque romaine, où étaient calcinés des ossements de Mammifères que l'on trouve englobés dans la lave artificiellement fondue.

4500^{fr} à M. **Jean Piveteau**, chef de travaux à l'École nationale supérieure des mines, pour contribuer aux dépenses de fouilles dans un gisement de Vertébrés pontiens de l'Oranais.

II. — *Achats de matériel de laboratoire.*

6000^{fr} à l'**École nationale vétérinaire de Lyon**, pour l'achat d'un appareil de radiographie et de radioscopie portatif « Philips ».

3000^{fr} à M. **Léon Guillet**, membre de l'Académie des sciences, pour l'achat d'un appareil régulateur de température à fil dilatable, système Chévenard.

2000^{fr} à M. **Jules Lemoine**, professeur au Conservatoire national des arts et métiers, pour l'achat d'un microphone destiné à l'étude du frottement interne dans les métaux.

2000^fr à M. **Henri Chaumat**, professeur au Conservatoire national des arts et métiers, pour achat de matériel en vue de la construction d'une machine électrostatique.

3000^fr à M. **Maurice Javillier**, professeur au Conservatoire national des arts et métiers, pour l'achat d'une étuve à culture destinée à l'étude de l'influence des charbons sur la culture des végétaux cryptogames et phanérogames.

3000^fr à M. **Raymond Ricard**, professeur à la Faculté catholique des sciences de Lyon, pour l'acquisition d'un étalon interférentiel à lames semi-argentées de Fabry et Pérot.

III. — *Bibliothèques*.

Les subventions suivantes sont accordées à diverses bibliothèques pour des achats d'ouvrages :

7000^fr à l'**École polytechnique**.

10000^fr à l'**École nationale vétérinaire d'Alfort**.

2000^fr à l'**École nationale vétérinaire de Toulouse**.

2000^fr à l'**École supérieure de chimie de Mulhouse**.

1500^fr à la **Société française des électriciens**, pour l'achat du *Journal de Faraday*.

IV. — *Publications*.

10000^fr aux **Archives de zoologie expérimentale**, pour l'aider à la publication d'un volume jubilaire.

5000^fr à la **Bibliothèque nationale et universitaire de Strasbourg**, comme contribution à la publication de l'*Inventaire de ses périodiques scientifiques*.

4000^fr à M. **Émile Mathias**, correspondant de l'Académie des sciences, pour la publication de deux mémoires consacrés à « l'action de la foudre sur l'homme et sur les animaux ».

L'ensemble des subventions accordées s'élève à la somme de 131500^fr. Nous en donnons la récapitulation dans le tableau suivant :

1° *Recherches sur des questions déterminées.*

M. Jean Basset	4000 fr	44500
M. Charles Lombard	3000	
M. Pierre Pons	3500	
M. James Basset	5000	
MM. André Dufay et Daniel Chalonge	5000	
M. André Charriou	4000	
M. Paul-Henri Fleuret	3000	
Laboratoire central d'électricité	12000	
M. Charles Marie	3000	
M. Henri Pollet	2000	

Recherches à effectuer dans la France d'outre-mer.

M. Henri Humbert	15000	26500
M. Louis Dubertret	7000	
M. Jean Piveteau	4500	

2° *Achat de matériel de laboratoire.*

École nationale vétérinaire de Lyon	6000	19000
M. Léon Guillet	3000	
M. Jules Lemoine	2000	
M. Henri Chaumat	2000	
M. Maurice Javillier	3000	
M. Raymond Ricard	3000	

3° *Bibliothèques.*

École polytechnique	7000	22500
École nationale vétérinaire d'Alfort	10000	
École nationale vétérinaire de Toulouse	2000	
École supérieure de chimie de Mulhouse	2000	
Société française des électriciens	1500	

4° *Publications.*

Archives de zoologie expérimentale	10000	19000
Bibliothèque nationale et universitaire de Strasbourg	5000	
M. Émile Mathias	4000	

FONDATION Mme VICTOR NOURY.

(Commissaires : MM. Charles Richet, Ém. Borel, Émile Picard, Lallemand, Bouvier; A. Lacroix, rapporteur.)

La Commission propose de décerner :

Un prix de 2000fr à M. **Norbert Casteret**, pour ses explorations hydrologiques et spéléologiques dans les Pyrénées et pour la démonstration qu'il a donnée de la position de la véritable source de la Garonne [communication directe entre le Trou di Toro (Maladetta) et les Goueils de Jouéou (Val d'Aran) controversée depuis 1787].

Un prix de 2000fr à Mlle **Madeleine Friant**, docteur ès sciences, pour son ouvrage intitulé : *Contribution à l'étude de la différenciation des dents jugales chez les Mammifères. Essai d'une théorie de la dentition.*

Un prix de 2000fr à M. **Josué Hoffet**, docteur ès sciences, du Service géologique de l'Indochine, pour une belle étude du centre de l'Indochine, du Mékong à la mer, et pour des travaux ethnologiques sur les pays Moïs (Annam).

Un prix de 2000fr à M. **Nicolas Menchikoff**, docteur ès sciences, pour ses nombreuses missions dans le Sahara et le désert lybique, d'où il a rapporté des observations géologiques remarquables.

Un prix de 1500fr à M. **Édouard Fischer**, agrégé de l'Université, chef de travaux de zoologie au laboratoire maritime de Saint-Servan, pour ses recherches sur la faune marine du littoral de la Manche.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

FONDATION PIERRE LAFITTE.

(Commissaires : MM. Villard, Branly, Brillouin, Perrin, A. Cotton, Ch. Fabry; Paul Janet, rapporteur.)

La Commission propose de décerner un prix de 3000fr à M. **René Mesny**, professeur en chef de 1re classe d'hydrographie de la Marine, ingénieur au laboratoire national de radioélectricité, professeur à l'École supérieure d'électricité, pour l'ensemble de ses travaux sur la radioélectricité.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION ROY-VAUCOULOUX.

(Commissaires : MM. Roux, Richet, Quénu, Bazy, Joubin, Mesnil; Vincent, rapporteur.)

La Commission propose de décerner les arrérages de la fondation à M. **Philippe Lasseur**, professeur à la Faculté de pharmacie de Nancy, directeur du Laboratoire de microbiologie de cette Faculté.

M. Philippe Lasseur dirige avec une activité remarquable ce laboratoire qui est un foyer de recherches du plus grand intérêt consacrées à la Microbiologie. De nombreux travaux y sont annuellement publiés sous son impulsion scientifique. Il a paru à la Commission que ce centre d'études devait être secondé par les fonds provenant de la Fondation Roy-Vaucouloux.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION CHARLES FRÉMONT.

(Commissaires : MM. Charles Richet, Émile Borel, A. Lacroix, Lallemand, Bouvier; Émile Picard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner un prix de 2500fr à M. **Léon Pomey**, ingénieur en chef des Manufactures de l'État, examinateur d'admission à l'École polytechnique, directeur de la manufacture des tabacs de Pantin, pour ses travaux de géométrie et d'analyse.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

LECTURE.

M. **Émile Picard**, Secrétaire perpétuel, lit une Notice sur *La vie et l'œuvre de M. Joseph Boussinesq*, membre de la Section de Mécanique.

A. Lx et É. P.

TABLEAU DES PRIX ET SUBVENTIONS ATTRIBUÉS.

ANNÉE 1933

MATHÉMATIQUES.

MÉCANIQUE.

ASTRONOMIE.

GÉOGRAPHIE.

NAVIGATION.

PHYSIQUE.

CHIMIE.

FONDATIONS SPÉCIALES.

PRIX DES GRANDES ÉCOLES.

FONDS DE RECHERCHES SCIENTIFIQUES.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES DE NOVEMBRE 1933.

Pour comprendre la Chimie moderne, par EUGÈNE CATTELAIN, Paris, Gaston Doin et Cie, 1933; 1 vol. 18cm.

Territoire sous mandat français du Cameroun. *Contribution à l'étude générale des terres de surface*, par FRANCK GUICHARD. Premier fascicule : *Catalogue et Cartes des sols*. Bordeaux, E. Drouillard, 1932; 1 vol. 28cm,5.

Afrique équatoriale française et Cameroun, par G. BRUEL. In *Atlas des Colonies françaises. Protectorats et Territoires sous mandat de la France*, publié sous la direction de M. G. GRANDIDIER. Paris, Société d'éditions géographiques et coloniales, 1931; 1 fasc. 55cm.

Carte géologique de l'Afrique, par A. KATCHEVSKY, avec la collaboration de JACQUES BOURCART, éditée par la *Revue de Géographie physique et de Géologie dynamique*. Paris, Pierre-Henry Barrère, 1933; 1 planche 1m,6 × 1m,22.

Évolution de l'industrie des fertilisants, par CAMILLE MATIGNON, Extrait des *Comptes rendus du XIIe Congrès de Chimie industrielle*. Paris, Chimie et Industrie, s. d.; 1 fasc. 27cm.

Guide de l'Harmas de J.-H. Fabre à Sérignan (*Vaucluse*). Paris, Muséum national d'histoire naturelle, 1933; 1 fasc. 24cm,5. (Présenté par M. L. Bouvier.)

Cours de mécanique physique à l'usage de l'enseignement supérieur scientifique et technique, par G. BRUHAT. Paris, Masson et Cie, 1934; 1 vol. 24cm. (Présenté par M. A. Cotton.)

La Science française depuis le XVIIe *siècle*, par MAURICE CAULLERY. Paris, Armand Colin, 1933; 1 vol. 17cm,5.

Trois fondateurs de la médecine moderne : Pasteur, Lister, Koch, par ÉLIE METCHNIKOFF. Paris, librairie Félix Alcan, 1933; 1 vol. 19cm. (Présenté par M. F. Mesnil.)

Introduction à l'étude de l'effet Raman, ses applications chimiques, par PIERRE DAURE. Paris, éditions de la *Revue d'optique théorique et instrumentale*, 1933; 1 vol. 21cm,5. (Présenté par M. Ch. Fabry.)

(*A suivre.*)

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 18 DÉCEMBRE 1933.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES RICHET.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** s'exprime en ces termes :

J'ai le regret d'apprendre à l'Académie la mort de l'un de ses correspondants pour la Section de Minéralogie, M. **Georges Friedel**.

Né à Mulhouse, le 19 juillet 1865, M. Georges Friedel a fait une brillante carrière dans le Corps des Mines et y a atteint le grade d'inspecteur général. Il était directeur de l'École supérieure des Mines de Saint-Étienne, lorsque Strasbourg est redevenue française. Il résigna alors ses fonctions pour aller dans sa chère Alsace enseigner la minéralogie à l'Université de Strasbourg réorganisée.

Digne fils de son père, Charles Friedel, dès son entrée à l'École des Mines, il entreprit des recherches personnelles sous la direction et avec la collaboration de celui-ci. Elles furent tout d'abord de nature chimique, consacrées à des synthèses de minéraux. Elles consistèrent à faire réagir vers 500°, en présence de l'eau, dans un tube métallique scellé, des sels alcalins sur des espèces minérales bien définies, et, en particulier, sur le mica muscovite. Les deux savants reproduisirent la néphéline, la leucite, l'orthose, la sodalite, la noséane, l'anorthite, etc., à l'état bien cristallisé, imitant ainsi certaines des conditions de formation de ces minéraux dans la nature. Il poursuivit ensuite seul des travaux du même genre, puis il s'occupa des propriétés physiques de quelques minéraux naturels, la mélanophlogite, par exemple, cette curieuse combinaison de silice et d'anhydride sulfurique dont il démontra le dimorphisme, et encore la serpentine pseudocubique de Brewster.

Mais il faut surtout citer ses recherches sur les zéolites ; ces silico-aluminates hydratés d'alcalis et de terres alcalines possèdent la curieuse propriété de perdre et de reprendre avec la plus grande facilité leur eau, lorsqu'elles sont chauffées au-dessus de 100°, sans cependant que leur édifice moléculaire soit détruit. On peut remplacer cette eau par des gaz les plus variés, par de l'alcool et même du mercure, sans que la stabilité du réseau cristallin soit atteinte. Tous ces produits, aussi bien que l'eau, se comportent donc dans les zéolites comme s'ils imprégnaient une sorte d'éponge, représentée par le réseau. Cette étude, qui fut très remarquée, a été le point de départ d'un nombre considérable de travaux dont la liste n'est pas épuisée.

Georges Friedel était élève de Mallard et grand admirateur de l'œuvre cristallographique de son maître, il n'a cessé de la défendre et de la prolonger, notamment en ce qui concerne les groupements cristallins.

La matière cristallisée a tendance à s'isoler en masses homogènes qui constituent les cristaux ; il se forme aussi des individus plus complexes où des parties d'orientation différente sont associées suivant des lois géométriques définies ; ces individus hétérogènes sont les macles. G. Friedel s'est efforcé de faire rentrer les nombreux faits connus dans un même énoncé général. De sa théorie se déduisent des conséquences intéressantes sur la fréquence de certaines macles, la nature des surfaces d'accolement des parties associées, etc.

Lorsque les travaux de Laue et de Bragg, père et fils, eurent fait connaître le phénomène de la diffraction des rayons X dans les réseaux cristallins, Georges Friedel fut l'un des premiers à comprendre leur capitale importance et il publia des remarques suggestives et originales sur l'interprétation des radiogrammes des cristaux.

Enfin, il a consacré de longs efforts à l'étude des cristaux liquides de Lehmann, ces états de la matière sont intermédiaires entre l'état cristallin et l'état liquide, qu'il appelait des substances mésomorphes. Il a proposé une classification comprenant les liquides à molécules orientées qu'il appelait les corps nématiques et les liquides à structure stratifiée, les corps smectiques. Chacun d'eux engendre une foule de structures variées qui ont été étudiées par lui et par de nombreux auteurs qui ont rivalisé de zèle avec notre distingué correspondant.

Georges Friedel n'était pas seulement un minéralogiste et un cristallographe, il a marqué aussi en géologie. Dès 1902, il a appelé l'attention sur la présence, le long du bord sud du bassin houiller de Saint-Étienne,

entre le houiller et les micaschistes, d'une roche appelée aujourd'hui une mylonite de granite et montré son importance au point de vue tectonique.

Il faut signaler encore son rôle dans la poursuite du prolongement souterrain du bassin houiller de Saint-Étienne, sous les terrains tertiaires de la plaine et jusqu'au voisinage de Lyon.

Tous ces travaux avaient valu à Georges Friedel l'estime des hommes de science. L'Académie l'avait inscrit parmi ses lauréats, et, le 24 décembre 1917, elle l'avait élu Correspondant.

Depuis de longs mois, il était retenu loin de son laboratoire par une cruelle maladie qui n'avait atténué en rien son ardeur pour la science; il s'est éteint à Strasbourg, le 11 décembre.

C'est avec tristesse que l'Académie voit disparaître de son Annuaire un nom qui lui était cher à bien des titres. Par ma voix, elle adresse des condoléances à tous les siens.

M. le **Président** annonce à l'Académie qu'à l'occasion des fêtes de Noël la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mardi 26 décembre au lieu du lundi 25.

GÉODÉSIE. — *La cinquième Assemblée générale de l'Union géodésique et géophysique internationale, Lisbonne, septembre* 1933. Note (¹) de M. **G. Perrier.**

L'Union géodésique et géophysique internationale est une des plus puissantes des Unions qui, fondées après la guerre, dépendent du Conseil international de Recherches créé à la même époque, (celui-ci a pris depuis 1931 le nom de Conseil international des Unions scientifiques).

L'Union géodésique et géophysique internationale tient en principe ses Assemblées générales tous les trois ans. Les précédentes ont eu lieu à Rome (1922), Madrid (1924), Prague (1927), Stockholm (1930). La cinquième de ces Assemblées vient de se tenir à Lisbonne, du 13 au 25 septembre dernier.

(¹) Séance du 20 novembre 1933.

Le siège de l'Assemblée a été le Palais du Parlement, bel édifice, vide et triste depuis que le Portugal est sans Parlement. L'affluence des géodésiens et des géophysiciens qui s'y sont rencontrés lui a donné une animation éphémère. La séance de clôture de l'Assemblée a eu lieu à Coimbra, dans le cadre original de la grande salle de l'antique Université. A cette séance de clôture, notre confrère, M. Lallemand, président de l'Union depuis l'origine, c'est-à dire depuis 14 ans, et qui, aux termes des nouveaux Statuts de l'Union, ne pouvait être réélu, a été l'objet de touchantes marques de sympathie. Une adresse couverte des signatures des délégués et invités, ainsi que des professeurs de l'Université de Coimbra présents, lui a été remise.

L'animateur de l'Assemblée générale a été le professeur Da Costa Lobo, directeur de l'Observatoire astronomique de l'Université de Coimbra, président du Comité national de Géodésie et Géophysique portugais. Avec ses collègues de ce Comité, il a assumé la lourde tâche de l'organisation matérielle de l'Assemblée et des nombreuses réceptions et excursions qui ont été offertes à ses membres.

Les délégués français à l'Assemblée générale ont été : MM. Roussilhe, Wehrlé, Hubert, le général Perrier, le colonel Viviez, le colonel de Fontanges, Jules Baillaud, Dauzère, Holweck, Labrouste, Lacoste, Mathias, Maurain, Michel-Lévy, Rothé, Cot, Jouaust, Aubert, Ch. Lallemand, Vignal, Watier, Diénert, Helbronner, Mengel.

Notre pays était celui dont la délégation était la plus nombreuse. Ensuite venait celle de la Grande-Bretagne.

La crise économique actuelle n'avait malheureusement pas permis à quelques pays adhérents à l'Union d'envoyer des délégués. Ainsi le Brésil, le Chili, l'Égypte, l'Équateur, la Hongrie, le Mexique, la Nouvelle-Zélande, l'Union Sud-Africaine, l'Uruguay n'étaient pas directement représentés.

On sait que l'Union se compose de sept Associations : Géodésie, Séismologie, Magnétisme et Electricité terrestres, Météorologie, Océanographie physique, Volcanologie et Hydrologie scientifique. Ces Associations avaient adressé à un certain nombre de savants, appartenant ou non à des pays adhérents à l'Union, des invitations à prendre part à leurs travaux à Lisbonne. Quelques-uns s'y sont rendus, mais malheureusement, les circonstances financières actuelles n'ont pas permis à beaucoup de ces invités, qui n'étaient pas délégués officiels, de venir à Lisbonne à leurs frais.

Il ne nous appartient pas ici de donner le détail des travaux des

sept Associations de l'Union. Nous consacrerons une Note ultérieure aux travaux de l'Association de Géodésie, dont nous assumons le Secrétariat. Il nous suffira de donner des indications sur les travaux de l'Union en séance plénière, toutes Associations réunies.

L'Union a eu à se préoccuper principalement d'arrêter définitivement ses nouveaux Statuts. Les Statuts primitifs adoptés à l'Assemblée générale constitutive de Bruxelles, en 1919, avaient déjà été modifiés sur un point très important : Tandis qu'à l'origine les puissances centrales : Allemagne, Autriche, Hongrie, Bulgarie, n'étaient pas admises à faire partie du Conseil international de Recherches et des Unions, un amendement aux Statuts, voté en 1926 par le Conseil international de Recherches, avait supprimé cette clause restrictive.

Aussitôt après cette suppression, les Puissances centrales ont été invitées à adhérer à l'Union. Actuellement la Hongrie et la Bulgarie s'y sont affiliées, mais l'Allemagne et l'Autriche restent toujours isolées. Pour la première fois à Stockholm, à l'Assemblée générale de 1930, des savants allemands ont pris part aux travaux scientifiques, mais à titre d'invités et non de délégués officiels.

A l'Assemblée de Lisbonne, on a notamment remarqué la présence de M. le professeur Tomaschek, de Marbourg sur la Lahn, qui a fait, devant l'Association de Géodésie, une intéressante conférence sur ses travaux relatifs au variomètre de gravité et aux marées de l'écorce terrestre.

Les Statuts votés en 1919 l'avaient été pour 12 ans. Ils expiraient donc le 1er janvier 1932, et il s'agissait de les renouveler pour une nouvelle période, en leur apportant les modifications inspirées par l'expérience. L'Assemblée de Stockholm avait, à cet effet, adopté, pour les nouveaux Statuts, un texte différant très peu de l'ancien, sauf en ce point essentiel : le président de l'Union, élu pour 3 ans, au lieu d'être indéfiniment rééligible ne le sera pas à la fin de cette période ; cette clause a pour but de permettre plus facilement à toutes les nations de prétendre à la présidence. Il est bien entendu que le secrétaire général, élu pour 6 ans, reste rééligible, pour assurer la permanence des idées et la continuité des publications.

A Stockholm, l'accord n'avait pu se faire sur un point très important : la question du vote simple ou du vote plural :

Dans les questions scientifiques, il est évident que chaque délégué présent doit avoir une voix et que les délibérations doivent être prises à la majorité.

Dans les questions administratives (élections des Bureaux, questions financières, etc.) et les questions mixtes (administratives et scientifiques), le vote doit avoir lieu par État, mais chaque État doit-il disposer d'une seule voix, ou d'un nombre de voix augmentant avec sa population, d'après un barème déterminé comme le stipulaient les anciens Statuts?

Naturellement, les petits États sont partisans du premier système, alléguant que l'importance scientifique d'un État, comme la Suisse ou la Hollande, par exemple, ne peut se mesurer à sa population. Les délégués des grands Etats au contraire soutiennent que, dans les anciens Statuts, les droits des petits États dans les questions scientifiques étaient sauvegardés, puisque chaque délégué avait droit à une voix, et qu'il était rationnel (les cotisations des États à l'Union augmentant avec leur population suivant un certain barème), de donner, dans les questions administratives, plus de voix aux États qui payent davantage. C'est ainsi que dans l'Assemblée générale d'une Société, les actionnaires ont un nombre de voix en proportion de celui de leurs actions.

Pour arrêter définitivement les Statuts, il convenait donc à Lisbonne de fixer ce point litigieux laissé en suspens. L'Union s'est ralliée à une solution transactionnelle déjà adoptée par l'Association de Géodésie pour la rédaction nouvelle de ses propres Statuts. Le vote plural ne sera employé que si la solution de la question sur laquelle on vote a des répercussions financières.

La situation pécunière de l'Union a également fait l'objet des préoccupations de l'Assemblée de Lisbonne. Celle de Stockholm, en 1930, avait porté la part unitaire de cotisation, part d'après laquelle les contributions des États sont calculées d'après le barème de 900 fr. or à 2000 fr. or. L'Union espérait ainsi pouvoir plus largement remplir sa mission. Mais, en raison de la situation actuelle, les résultats n'ont pas répondu à cette attente. Beaucoup d'États ne payent pas leur cotisation, ou la paye en retard.

L'Assemblée de Lisbonne a été obligée de décider que, jusqu'à la prochaine Assemblée générale, en 1936, les cotisations des États seront réduites de 25 pour 100. De plus, pour les États coloniaux, ayant une nombreuse population indigène, les cotisations ne seront plus calculées brutalement d'après leur population seule et le Bureau de l'Union pourra accorder des tempéraments à ces États.

Peut-être qu'ainsi des États, comme l'Indochine et les Indes Britanniques, qui se sont retirés de l'Union pour des questions budgétaires, pourront y faire leur rentrée.

Les élections finales pour les Bureaux de l'Union et des Associations, nécessaires en raison du renouvellement des Statuts, ont changé peu de choses au personnel dirigeant. M. W. Bowie, chef de la Division de Géodésie du *Coast and Geodetic Survey* de Washington, qui était président de l'Association de Géodésie depuis 1919, a reçu en quelque sorte un avancement bien mérité par son élection à la présidence de l'Union tout entière. Le secrétaire général de l'Union reste le brigadier Winterbotham, directeur général de l'*Ordnance Survey* à Southampton.

La Délégation britannique ayant invité officiellement l'Union à tenir sa prochaine Assemblée générale à Edimbourg, en 1936, cette proposition a été acceptée d'acclamation.

BIOLOGIE FLORALE. — *La fièvre des* Arum. Note de M. L. Blaringhem.

Au cours des printemps 1932 et 1933, M. R. Trannoy a fait plusieurs centaines de mesures de l'activité respiratoire des pièces florales, à l'état de boutons, de fleurs épanouies, de fleurs fécondées. L'appareil de Warburg, dont l'essentiel est une petite chambre fermée munie d'un réservoir à potasse et d'un manomètre gradué en U maintenu durant des heures à une température constante, permet de comparer les consommations d'oxygène de 8 fragments de 10 à 100^{mg} (poids secs) prélevés au même instant sur les inflorescences en pleine activité de croissance. Les prélèvements sur le vif constituent la partie la plus délicate des opérations et la réussite dépend surtout du soin pris dans l'examen de l'éclosion des fleurs au jour le jour et même d'heure en heure; j'attache une grande importance au port, à l'étalement successif des pièces annexes, à la turgescence des tissus et aux réactions qu'elle prépare; j'ai fait les prélèvements en tenant compte de toutes les circonstances accessoires qu'un examen prolongé du matériel m'a montré caractéristiques de l'épanouissement des lignées dans l'espèce, des individus dans la lignée. C'est en comparant les activités respiratoires d'organes sexuels mâles et femelles de la même plante que j'ai découvert la fièvre des *Arum* due, d'après mes observations toutes concordantes, uniquement à l'épanouissement et à la maturation des organes mâles.

Garreau, en 1851, avait décrit le phénomène dans ses traits essentiels [1].

---

[1] *Ann. Sc. nat. Bot.*, 3e série, 16, p. 250-256.

Il rappelle l'observation de Lamarck (1777) sur l'élévation anormale de température dans la spathe des *Arum* en fleurs, cite les excès sur la température ambiante notés par Sénebier (8°,6), par Goeppert (17°,5), par Brongniart (11°,5) et démontre que ces excès sont liés à une consommation d'oxygène excessive durant plusieurs heures dans la journée. Ainsi, le 7 juin, une inflorescence complète d'*Arum italicum* mise sous cloche fermée en présence d'une solution de potasse caustique montre des élévations de température en rapport avec l'oxygène brûlé :

Heures	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
Excès de t^o (degrés)	2,5	3,9	6,7	8,9	7,7	4,2	1,2
Oxygène disparu (cm^3)	39	57	75	100	50	20	

Au cours des six heures de paroxysme, avec maximum à la quatrième, l'inflorescence a consommé 341^{cm^3}, alors que dans les dix-huit heures calmes de la même journée elle n'a consommé que 184^{cm^3}. La crise de fièvre provoque, en un temps limité, une consommation décuple de la normale.

L'inflorescence de l'*Arum* avec spathe, axe floral couvert de couronnes d'ovaires à la base, d'écailles intermédiaires, puis de fleurs mâles et enfin d'un fléau en massue, pesait, dans cette expérience $3^g,5$; j'ai opéré avec des fragments de ces divers organes dont le poids sec était compris entre 10 et 100^{mg}, prélevés de telle sorte qu'il y ait homogénéité d'état et de qualité des tissus. Dans tous les cas chez les *Arum*, et aussi chez la plupart des autres plantes, l'activité respiratoire est plus intense pour les organes mâles; la fièvre de l'*Arum* résulte d'une véritable combustion des fleurs mâles et de leur support.

Douze épreuves faites au hasard en 1932, puisque j'ignorais l'existence de ces accès de fièvre, ne m'ont fourni qu'un cas typique. Je désigne par les chiffres 1, 2, 3, ..., 5, ..., 7 les étapes croissantes dans l'épanouissement que je sais reconnaître dans ces inflorescences, l'étape 1 correspondant à la saillie hors de terre, l'étape 6 à la dessiccation des anthères. J'évalue les quantités d'oxygène consommées par des chiffres comparables pour la même durée (1 heure) par unité de poids sec (1 mg) :

Arum italicum Mill	1.	2.	3.	4.	5.
Organes ♂	4,7	4,5	4,9	52,9	11
» ♀	3	2,7	4,1	4,4	9

A. maculatum L.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
Organes ♂	9,2	7,5	8,3	4,7	9,2	»	»
» ♀	8,1	5,8	4,7	2,8	2,9	1,9	0,7

Pour les *A. maculatum* 6 et 7 les organes mâles étaient avortés et l'activité respiratoire des organes femelles est de l'ordre de celle de l'axe végétatif sous la spathe. Pour tous les autres cas, les organes mâles respirent plus activement que les organes femelles de la même spathe; les divergences sont atténuées pour les organes très jeunes mais ne s'accentuent pas régulièrement avec l'âge, peut-être parce que, pour certains, la période de paroxysme était terminée; d'autre part, il existe certainement des tempéraments individuels dont l'analyse exige des études comparées durant plusieurs années.

La poussée de fièvre est manifeste pour l'*A. italicum* 4 avec consommation globale en une heure 52,9 pour l'organe mâle, environ douze fois la consommation du même poids d'organe femelle 4,4. Il n'est pas inutile de suivre les dénivellations des niveaux dans les manomètres en U pour cette expérience en tenant compte de la nécessité de rentrées | d'air périodiques.

Les lectures ont été faites de 15 en 15 minutes pour une première épreuve de 14 à 16 heures :

♂	0	19	32,2	51,7	74,1	92,6	111,1	128,8
♀	0	0,9	1,8	3,1	4,1	6,8	8,9	11,4

puis, avec un temps d'arrêt de réglage, de 17 à 19^h30^m :

♂	0	10	17,7	25,3	28,8	34,4	39	43,6	47,3	51,7
♀	0	2	4,1	5,8	8,3	10,3	12,5	14,1	16,1	17,2

La poussée de fièvre fut maxima entre 14^h45^m et 15^h et uniquement pour les organes mâles; l'activité des organes femelles est très calme dans cette période et augmente plutôt à la fin des opérations.

Ces études furent reprises au printemps 1933. Malheureusement il n'y a qu'un petit nombre de pieds d'*Arum italicum* acclimatés à la Station Berthelot et j'ai utilisé les 4 spathes disponibles.

Les mesures ont été faites pour trois fragments de la même inflorescence prélevées dans les zones mâle, intermédiaire et femelle :

Arum italicum 1933............	1.	2.	3.	4.
Organes ♂	15,6	7,1	26	5,3
Intermédiaires	8,9	5,4	13,8	»
Organes ♀	5,9	4,5	8,5	1,95

Par contre, j'ai pu faire un choix parmi les nombreuses inflorescences d'*Arum maculatum* indigènes et, cette fois, mon diagnostic m'a donné des résultats inespérés puisque l'état fébrile est bien marqué pour les étapes 2,

3, 4 choisies pour telles, et nul pour les inflorescences très jeunes ou trop âgées :

Arum maculatum 1933.....	1.	2.	3.	4.	5.
Organes ♂.............	6,19	32,6	97,5	42,5	3,9
Intermédiaires..........	5,61	22,4	20,7	18,7	8,0
Organes ♀.............	5,23	14,3	10,6	12,2	3,1

Je donne les lectures des dénivellations pour la crise maxima 97,5 de l'*Arum maculatum* 3 faites de 20 en 20 minutes entre 13^h20 et 15^h20 :

♂...............	0	31,9	52,0	69,1	79,3	89,5	98,1
Intermédiaires....	0	2,9	6,1	9,5	13,4	15,5	19,3
♀...............	0	2,1	3,9	5,8	7,7	10,1	14,8

le maximum est au début de l'opération pour les fleurs mâles; la crise affecte, mais plus tard, les organes intermédiaires, et plus tard encore les organes femelles. Mais, pour une même inflorescence et dans l'état de crise maxima, la consommation d'oxygène de l'organe mâle est encore décuple de celle de l'organe femelle correspondant.

En résumé, il existe des crises fébriles de quelques heures au cours de la floraison du spadice d'*Arum* comme l'a observé Garreau. Le siège de l'oxydation maxima est dans les fleurs mâles et leur support qui consomment 5 à 10 fois plus d'oxygène que les tissus femelles restés à l'état de calme. La zone intermédiaire couverte de papilles stériles participe sur le tard à la crise née dans les organes mâles, puis, plus tard encore, la zone femelle qui consomme au moins le double d'oxygène qu'elle consommerait à l'état normal.

Les intensités des crises sont individuelles, ont lieu probablement à des heures différentes et ne sont pas strictement régies par l'état de maturation des inflorescences. Mais un observateur prévenu pourra faire le diagnostic des inflorescences où l'activité respiratoire est la plus accusée, soit par la prise de température au thermomètre, mais en ce cas la crise sera fortement atténuée au cours des préparatifs indispensables aux mesures correctes de l'activité respiratoire; il trouvera des symptômes accessoires mais précoces dans l'état de turgescence des tissus et dans la proportion des étamines sur le point de libérer leur pollen.

TERMINOLOGIE SCIENTIFIQUE. — *Observations sur la terminologie dans les découvertes nouvelles.* Note de M. **André Blondel.**

Il y a 15 ans, l'attention de l'Académie a été appelée par une Note collective [1] sur « une tendance fâcheuse des savants à introduire dans leurs Mémoires des néologismes qui sont trop souvent inutiles ou mal construits, ... dédaigneux des principes les plus élémentaires de la linguistique, de la grammaire et du style ». On me permettra donc de déplorer ici que cette tendance continue à se manifester dans bien des pays, même dans le nôtre, où la correction du langage scientifique fut une des caractéristiques de la science française pendant deux siècles. On va en donner quelques exemples choquants.

Au siècle dernier le suffixe grec *on* (entité, élément) avait servi à former correctement les mots *électr-on*, *magnét-on*, *phot-on*, *neutr-on*, *prot-on*.

Mais on a vu apparaître vers 1928 dans la technique radioélectrique américaine *dyna-tron*, *trio-tron*, *plano-tron*, *kéno-tron*, *plio-tron*, formés avec l'imaginaire suffixe *tron*.

Par contagion sans doute, depuis quelques mois, on introduit en électronique le *posit-ron*, le *négat-ron*, formés avec le suffixe intermédiaire *ron*, et qui devraient être remplacés par *posit-on*, *négat-on*.

Si l'on fait objection à la formation hybride de ces composés, à moitié latins, à moitié grecs, on pourrait désigner par *pleion* (en grec, plus) et *meion* (en grec, moins), les électrons positifs et négatifs, puisqu'il n'existait pas en grec de synonymes aux adjectifs *positif* et *négatif* de la science moderne.

Récemment on a voulu donner à un appareil inverse du redresseur à mercure le nom d'alternasseur, qui est un barbarisme, au lieu de alternanceur (ou mieux pulseur, ou onduleur, puisque le courant sortant est unidirectionnel).

De même en radioélectricité on appelle à tort *intermodulation*, comme s'il y avait transmission d'une lampe à une autre, la modulation intérieure,

---

[1] *Observations sur le langage scientifique moderne*, Note de MM. Émile Picard, Alfred Lacroix, Bigourdan, Blondel, Bouvier, Branly, Douvillé, Guignard, Haller, Haug, Henneguy, Lallemand, Laveran, Lecomte, Lecornu, Lemoine, Maquenne, Roux, Schlœsing fils et Tisserand (*Comptes rendus*, **166**, 11 février 1918, p. 236).

donc l'*intramodulation* provoquée dans une seule lampe triode par la courbure de la caractéristique de plaques [1].

Enfin un singulier nationalisme linguistique a fait trop souvent préférer à des mots internationaux bien formés des vocables bizarres, anachroniques presque dès leur naissance : tel le mot allemand *Rund-funk* (étincelle circulaire) pour désigner la radiophonie diffusée (sans étincelle).

Bien des barbarismes sont lancés ainsi dans toutes les branches de la Technique [2].

Il paraît donc désirable, en présence des progrès si rapides des sciences physiques, que les Commissions internationales soient chargées de déterminer aussitôt que possible des vocables internationaux appropriés à la définition des phénomènes nouveaux, mais seulement après consultation de linguistes [3].

GÉOCHIMIE. — *Sur le Mesothorium* γ *dans les* Lemna.

Note [4] de MM. **W. Vernadsky, B. Brunovsky** et **C. Kunaševa.**

Nous étudions quantitativement depuis plusieurs années à Leningrad la répartition des éléments chimiques radioactifs dans les organismes vivants. La concentration du radium par les *Lemna*, par d'autres plantes et animaux étant constatée depuis longtemps, il était intéressant d'étudier la concentration des produits de la désagrégation des atomes du thorium. Il existe des déterminations [par M. E. Burkser et ses collaborateurs [5]] de la teneur en thorium, détermination du thoron dans les organismes. Cependant l'existence du thorium dans les eaux naturelles paraissait douteuse [en ne tenant pas compte de sa dispersion universelle [6]] et l'on pouvait penser, par conséquent, que le thorium ne se trouve pas comme tel dans les orga-

---

(1) D'ailleurs *dysmorphie* ou *endo-dysmorphie* serait un mot tiré du grec, mieux pour représenter une déformation intérieure de la modulation réelle.

(2) Loin de moi d'ailleurs la pensée de vouloir diminuer le très grand mérite de ceux qui ont découvert ces nouvelles entités physiques et qui se préoccupent bien plus des phénomènes que des questions de vocabulaire.

(3) Tous les lycées en comptent dans le personnel enseignant des classes de grammaire.

(4) Séance du 4 décembre 1933.

(5) E. Burkser, W. Kopolguri, W. Milgewska et K. Bronstein, *Bioch. Zeitschrift*, 233, 1931, p. 58.

(6) W. Verdnadsky, *Prizoda*, Len., 1932 (en russe).

nismes vivants. L'absence du thorium dans les eaux profondes souterraines riches en Ra et l'existence en même temps dans ces eaux du MsThT (¹) nous amenait à l'hypothèse que les organismes vivants pouvaient présenter le même cas.

M. B. Brunovsky et Mme C. Kunaševa ont fait des mesures quantitatives du thoron (en tenant compte de cette hypothèse) dans les *Lemna* (qui servaient à la détermination du radium) des récoltes de 1927, 1931 et 1932.

Les mesures faites par eux ont donné les résultats suivants, exprimés en équivalent du Th :

	Temps de récolte.	Durée depuis récolte.	Pourcentage en poids des équivalents du Th rapporté à l'organisme vivant.
		ann.	
Mélange de *Lemna trisulca*, *L. minor* et *L. polyrzhiza*..	1932	0,75	$13,6 \times 10^{-6}$ %
»	1931	1,75	$7,0 \times 10^{-6}$ %
Mélange des deux espèces de *Lemna*..................	1927	5,75	$10,6 \times 10^{-6}$ %

Comme on le voit, les nombres, proportionnels à l'effet ionisant des échantillons, augmentent avec leur âge; cela évoque l'idée, qu'une telle augmentation est déterminée par la naissance du RaTh (isotope du Th) par suite de la désagrégation dans les restes des *Lemna* du MsThI (isotope du Ra), qui existait seul dans les *Lemna* vivants. Les mesures du Th ont relevé, sans intermédiaires, la quantité du ThX qui, de sa part, se trouve dans les 25 jours en équilibre avec la quantité du RaTh; celui-ci s'est formé avec le temps dans les restes des *Lemna*.

La coïncidence quantitative des résultats obtenus dans les expériences avec les données calculées dans l'hypothèse que les *Lemna* vivants ne contenaient, quand on les rassemblait, que le MsThI seul (c'est-à-dire le Th et la RaTh étaient absents) est tellement parfaite, que l'hypothèse peut être considérée comme répondant à la réalité.

Les *Lemna* concentrent donc les isotopes du Ra (c'est-à-dire Ra, MsThI et ThX) et ne contiennent pas les isotopes du Th (c'est-à-dire Th et RaTh). La matière vivante, dans ce cas, ne contient pas de Th.

(¹) W. Verdnadsky et V. Chlopin, *Electrochem. Zeitschrift*, 38, 1932, p. 524.

CHIMIE AGRICOLE. — *Sur les variations alimentaires des végétaux cultivés, en dehors de toute intervention d'engrais, dans les conditions de la pratique agricole.* Note (¹) de MM. **Henri Lagatu** et **Louis Maume.**

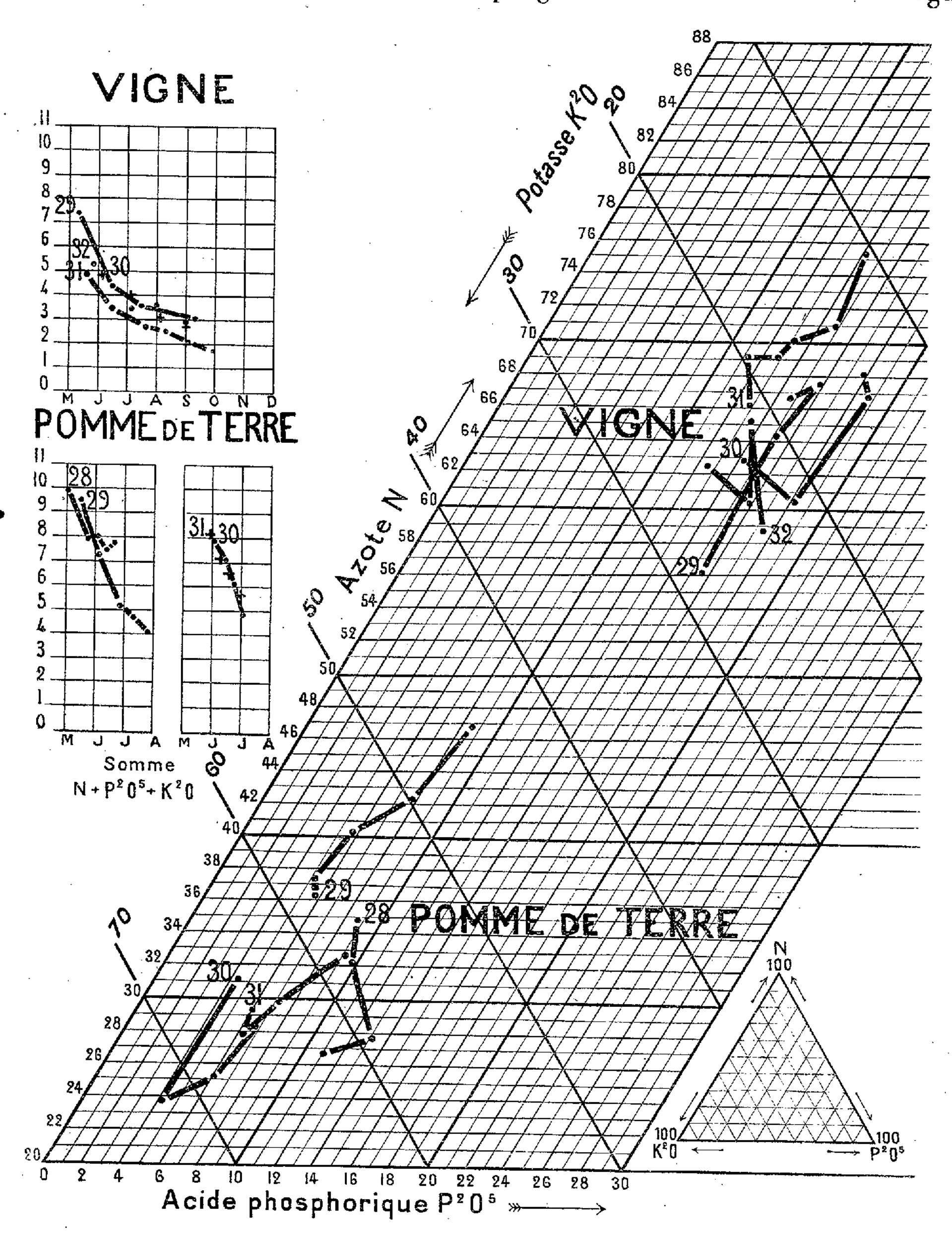
Dans une *Vigne* d'Aramon sur *Rupestris* située à Mauguio (Hérault) nous avons, pendant quatre années consécutives, 1929-1932, échantillonné à des époques successives dans les parcelles sans engrais les deux premières feuilles situées à la base des rameaux fructifères et nous y avons dosé N, P^2O^5, K^2O pour 100 de matière sèche. Nous avons fait les mêmes observations en 1928-1931, dans les parcelles sans engrais d'un champ d'expériences de *Pomme de terre* situé à l'École d'agriculture de Montpellier, sur les deux premières feuilles des rameaux directement issus des tubercules mères. Ces parcelles témoins ont été doublées en 1929 pour la Vigne, doublées pendant les quatre années d'expériences pour la Pomme de terre. Les doubles résultats étant pratiquement pareils, nous pouvons n'envisager ici qu'une seule série.

Une traduction graphique de ces résultats nous permet de séparer nettement la notion de quantité et la notion de qualité de cette alimentation minérale. La *quantité globale des trois principes dosés* est indiquée à gauche de la figure par des diagrammes qui donnent en ordonnée pour chaque époque d'échantillonnage (abscisse temps) la somme $N + P^2O^5 + K^2O$ pour 100 de matière sèche de la feuille, pétiole compris. Soit S cette somme; en multipliant les trois teneurs par 100/S, on a le partage de la masse constante 100 des trois principes présents dans la feuille proportionnellement à leurs trois quantités respectives. C'est par les trois nombres ainsi obtenus qu'est représentée la *qualité* de l'alimentation minérale des feuilles au moment de l'échantillonnage; ces trois nombres définissent, en effet, indépendamment de la quantité, les *rapports physiologiques*, c'est-à-dire l'*équilibre physiologique* entre l'azote, l'acide phosphorique et la potasse dans la feuille à ce moment. Cette répartition proportionnelle de la masse constante 100 est pour chaque échantillon représentée en coordonnées trilinéaires par un point marqué sur l'aire du triangle équilatéral de référence dessiné à droite du graphique. Une partie seulement de l'aire de ce triangle étant occupée par les points expérimentaux, cette partie a été figurée à plus grande échelle. Les points relatifs à une même année de culture ont été reliés par un trait qui porte pour le premier échantillonnage les deux derniers chiffres du millésime de l'année.

Ces diagrammes conduisent aux conclusions suivantes :

(¹) Séance du 4 décembre 1933.

1° La *quantité* de l'alimentation, somme $N + P^2O^5 + K^2O$ pour 100 de matière sèche, par suite de la création progressive de la matière sèche orga-



nique de la feuille avec l'âge, diminue en général régulièrement à mesure que l'âge de la feuille augmente. Toutefois, comme on le voit sur le dia-

gramme de la Pomme de terre en 1928, des facteurs extérieurs peuvent apporter un trouble dans la marche régulière de ce phénomène vital. D'autre part, on voit que cette quantité peut varier suivant les années.

2° La *qualité* ou *mode d'équilibre* de l'alimentation en azote, acide phosphorique et potasse (diagrammes en coordonnées trilinéaires) donne lieu à une première impression d'influence spécifique : alors que les climats et les sols des deux cultures sont analogues, les modes d'équilibre alimentaires situent leurs variations dans deux domaines distincts, l'un pour la Vigne où l'azote est dominant, l'autre pour la Pomme de terre où la potasse est dominante. Mais il faut bien se garder de vouloir hâtivement en déduire : soit que ces domaines spécifiques restent toujours ainsi limités, car ils peuvent être singulièrement étendus; soit qu'ils restent toujours aussi séparés, car dans d'autres circonstances ils peuvent partiellement se recouvrir; soit que ces domaines correspondent au meilleur mode d'alimentation, car de meilleurs rendements s'obtiennent pour les deux espèces quand on sort des domaines de variations ici constatés.

3° Par contre, dans les diagrammes exprimant les variations des rapports physiologiques avec l'âge de la feuille, on ne reconnaît aucune injonction dictée par la plante. L'ancienne loi du minimum exigerait un seul point représentatif pour la Vigne et un seul point représentatif pour la Pomme de terre. Non seulement il n'en est rien; mais chaque année le mode de variation qualitative de l'alimentation change d'allure, pouvant prendre dans deux années consécutives des directions opposées. *Ces diagrammes expriment donc les contraintes alimentaires qualitatives exercées sur la plante par les facteurs extérieurs, en particulier par les conditions météorologiques.* Ainsi, parmi les nombreux météores qui interviennent sur un champ cultivé, il en est un qui est la résultante de tous les autres et qui passe à l'intérieur de la plante : c'est le mode d'alimentation minérale. Il y a donc une *météorologie chimique de la plante*, susceptible de contrôler toute interprétation agronomique des observations climatiques.

M. L. de Launay fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage sur *Monge, fondateur de l'École Polytechnique*, où il s'est efforcé de faire revivre la physionomie du grand géomètre qui est une des gloires de la science française, en utilisant de très nombreuses sources inédites.

M. E. Cartan fait hommage à l'Académie de son Ouvrage : *Les Espaces de Finsler*, fascicule 79 des *Exposés de Géométrie* publiés sous sa direction.

CORRESPONDANCE.

Le **Conseil international des Unions scientifiques** annonce à l'Académie que la prochaine réunion triennale de l'Assemblée générale se tiendra à Bruxelles du 8 au 14 juillet 1934.

La **Société Physico-Mathématique** de l'Université Lénine à Kazan (U. R. S. S.) adressent à l'Académie l'expression de leurs sentiments de condoléance à l'occasion du décès de M. *P. Painlevé*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Camille Vallaux. *Géographie générale des mers.*

2° H. L. Vanderlinden. *Étude de l'amas de Præsepe basée sur les magnitudes photographiques et les longueurs d'onde effectives de 1821 étoiles.*

3° República Portuguesa. Ministério das Colónias. Colónia de Angola. *Carte géologique de l'Angola* (1/2000000e). *Notice explicative*, par F. Mouta et H. O'Donnell.

4° Jacques Bourcart et Élisabeth David. *Étude stratigraphique et paléontologique des grès à Foraminifères d'Ouezzan au Maroc* (*Oligocène et Miocène inférieur*). (Présenté par M. H. Douvillé.)

5° A. Meillon et E. de Larminat. *Notice sur la carte au 20000e avec l'explication des noms de lieux et de montagnes de la région de Cauterets.* (Présenté par M. P. Helbronner.)

6° Deux Cartes au 200000e : 1° *Massif du Vignemale. Les Hautes Pyrénées au Sud de Cauterets et à l'Ouest de Gavarnie;* 2° *Carte des environs de Cauterets. Hautes-Pyrénées. Vallées de Lutour, de Yérèt, de Gaube, du Marcadau et du Camp Basque*, par Alphonse Meillon, E. de Larminat et Ludovic Gaurier. (Présenté par M. P. Helbronner.)

M[mes] Irène Joliot-Curie, Pauline Ramart-Lucas, Lucie Randoin, M[lle] Madeleine Friant;

MM. Valerian Agafonoff, Maurice Allais, Georges Allard, Eugène Bataillon, David Belorizky, Eugène Bertrand de Fontviolant, Alexandre Bigot, Henry Blanc, Augustin Boutaric, Norbert Casteret, Jean Chaze, Maurice Collignon, Jean Cuvillier, Georges Darzens, Raymond Delaby, Gérard Delanghe, Arnaud Denjoy, Pierre Despujols, Paul Ditisheim, Gaston Dollé, Ludovic Driencourt, Pierre Dussumier de Fonbrune, Henri Dutilleul, Louis Emberger, Jean Fieux, Édouard Fischer, Pierre Fleury, Adrien Foch, Bertrand Gambier, Christophe Gaudefroy, Jean Gautrelet, Georges Giraud, André Grebel, Amédée Guillet, René Hazard, Roger Heim, Clodomir Houard, Frédéric Joliot, Lucien Jumau, Gustave Juvet, Henri Labrouste, Paul Laffitte, Paul Langevin, Louis Léger, Louis Leprince-Ringuet, Jean Lereboullet, Szolem Mandelbrojt, Charles Marie, René Mesny, Alexandre Monnier, Henri Moureu, Robert Paoli, Félix Pasteur, Louis Pasteur-Vallery-Radot, Léon Pomey, Georges Prévost, Salomon Rosenblum, Georges Senevet, Adolphe Sicé, René Thiry, René Vandendries, Marcel Vaucel, Henri Velu, Ernest Vessiot, Edmond Voisenet, Serge Winogradsky, Edgard Zunz adressent des remercîments pour les distinctions accordées à leurs travaux.

M[me] V[ve] Gabriel Cusco adresse également des remercîments à l'Académie.

MM. le Directeur des Archives de zoologie expérimentale, l'Administrateur de la Bibliothèque nationale et universitaire de Strasbourg, James Basset, André Charriou, Léon Guillet, Maurice Javillier, Philippe Lasseur, Jules Lemoine, Charles Marie Raymond Ricard adressent des remercîments pour les subventions qui leur ont été attribuées pour leurs recherches, leurs publications ou leurs bibliothèques.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur un cas de déformation des congruences isotropes à réseau conjugué persistant.* Note de M. Serge Rossinski.

1. Les recherches de Beltrami et Ribaucour ont attiré l'attention des géomètres sur un vaste domaine de problèmes concernant la *déformation des congruences*. Ce domaine est loin d'être complètement étudié. En parti-

culier, dans un article récent, M. Vincensini [1] a considéré la *déformation continue des congruences de normales dont les rayons sont orthogonaux aux dlans tangents d'une surface qui se déforme en restant invariablement liée à la congruence.* Peu après, M. Vasseur [2] a considéré le cas général où *les rayons des congruences de normales occupent une position arbitraire par rapport aux plans tangents;* ses considérations concernaient le cas d'une déformation arbitraire de ces congruences, ainsi que le cas d'une déformation à réseau cinématiquement conjugué persistant. D'autre part, M. S. Finikoff [3] avait étudié antérieurement dans sa *Thèse* le problème de la *déformation des congruences rectilignes dont les surfaces développables restent invariables;* il a d'ailleurs montré le lien étroit de ce problème avec celui de *la déformation d'une surface à réseau conjugué persistant.*

Considérons une surface (S) et une congruence isotrope (C) invariablement liée à cette surface et dont les rayons sont orthogonaux à ses plans tangents. On peut poser le problème suivant : *Trouver les surfaces* (S) *pour lesquelles la congruence isotrope précédemment considérée reste une congruence isotrope dans la déformation de la surface à réseau conjugué persistant.* Le but de cette Note est de donner la solution complète de ce problème.

2. Soient $\vec{\rho}(u, v)$ le vecteur définissant la surface (S) invariablement liée à la congruence isotrope (C), $\vec{n}(u, v)$ le vecteur unitaire de sa normale, $\vec{\rho}_1(u, v)$ le vecteur définissant le point d'intersection du rayon de la congruence (C) et du plan tangent de la surface (S). Posons

$$\vec{\rho}_1(u, v) = \vec{\rho}(u, v) + \xi(u, v)\frac{\partial\vec{\rho}}{\partial u} + \eta(u, v)\frac{\partial\vec{\rho}}{\partial v}.$$

Rapportons la surface (S) à sa base principale, c'est-à-dire à son réseau conjugué (u, v) qui reste conjugué pendant la déformation de la surface. L'élément linéaire et la seconde forme quadratique de la surface (S) seront

$$ds^2 = \mathcal{E}\,du^2 + 2\mathcal{F}\,du\,dv + \mathcal{G}\,dv^2$$

et

$$-d\vec{\rho}.d\vec{n} = \mathfrak{d}\,du^2 + \mathfrak{d}''\,dv^2.$$

---

(1) *Bulletin des Sciences mathématiques*, 54, 1930, p. 117.

(2) *Comptes rendus*, 191, 1930, p. 819

(3) *Problème général de la déformation à réseau conjugué persistant.* Moscou, 1917 (en russe).

Enfin, désignons par

$$\mathcal{E}_0 = \left(\frac{\partial \vec{n}}{\partial u}\right)^2, \qquad \mathcal{F}_0 = \frac{\partial \vec{n}}{\partial u}\frac{\partial \vec{n}}{\partial v}, \qquad \mathcal{G}_0 = \left(\frac{\partial \vec{n}}{\partial v}\right)^2,$$

$$e = \frac{\partial \vec{n}}{\partial u}\cdot\frac{\partial \vec{\rho_1}}{\partial u}, \qquad f = \frac{\partial \vec{n}}{\partial u}\cdot\frac{\partial \vec{\rho_1}}{\partial v}, \qquad f' = \frac{\partial \vec{n}}{\partial v}\cdot\frac{\partial \vec{\rho_1}}{\partial u}, \qquad g = \frac{\partial \vec{n}}{\partial v}\cdot\frac{\partial \vec{\rho_1}}{\partial v},$$

les coefficients de la première et de la seconde forme quadratique de Kummer pour la congruence (C). Comme (C) est une congruence isotrope, on a

$$\mathcal{E}_0 : \mathcal{F}_0 : \mathcal{G}_0 = e : \frac{f+f'}{2} : g.$$

Si l'on exige que cette congruence reste isotrope dans la déformation de la surface (S) à réseau conjugué persistant (u, v), on obtient le système d'équations suivant :

$$(\mathrm{A}) \left\{ \begin{array}{l} \mathrm{K}\left[2\mathcal{F}\left(1+\frac{\partial \xi}{\partial u}+\xi\left\{ {11 \atop 1} \right\}+\eta\left\{ {12 \atop 1} \right\}\right)+\mathcal{G}\left(\frac{\partial \eta}{\partial u}+\xi\left\{ {11 \atop 2} \right\}+\eta\left\{ {12 \atop 2} \right\}\right)\right]=0, \\ 2\mathcal{F}\left(1+\frac{\partial \eta}{\partial v}+\xi\left\{ {12 \atop 2} \right\}+\eta\left\{ {22 \atop 2} \right\}\right)+\mathcal{E}\left(\frac{\partial \xi}{\partial v}+\xi\left\{ {12 \atop 1} \right\}+\eta\left\{ {22 \atop 1} \right\}\right)=0, \\ \mathcal{G}\left(\frac{\partial \xi}{\partial v}+\xi\left\{ {12 \atop 1} \right\}+\eta\left\{ {22 \atop 1} \right\}\right)=0, \\ \mathrm{K}\mathcal{E}\left(\frac{\partial \eta}{\partial u}+\xi\left\{ {11 \atop 2} \right\}+\eta\left\{ {12 \atop 2} \right\}\right)=0, \end{array} \right.$$

K étant la courbure totale de Gauss pour la surface (S). Supposons que l'on ait $\mathcal{E} = \mathcal{G} = 0$; comme $\delta' = 0$, le système (A) se réduit aux équations

$$1+\frac{\partial \xi}{\partial u}+\xi\frac{\partial \log \mathcal{F}}{\partial u}=0,$$

$$1+\frac{\partial \eta}{\partial v}+\eta\frac{\partial \log \mathcal{F}}{\partial v}=0.$$

Donc, quel que soit $\mathcal{F}$, on peut exprimer les fonctions ξ et η par quadratures, chacune d'elles dépendant d'une fonction arbitraire de v et de u respectivement. Donc, comme $\mathcal{E} = \mathcal{G} = \delta' = 0$ et $\mathcal{F}$ est quelconque, on voit que la surface (S) est *une surface minima arbitraire.*

En analysant le système (A) on démontre que toutes les autres hypothèses ou bien doivent être rejetées, ou bien conduisent au cas banal des surfaces développables (S).

3. Remarquons d'ailleurs que, si l'on considère dans ce problème une

déformation *arbitraire* de la surface (S) au lieu de considérer le cas d'une déformation à réseau conjugué persistant, on arrive au cas banal où (S) se réduit à un plan.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur les réseaux associés et leurs transformations*. Note de M. P. **Vincensini**.

1. Soient $R(u,v)$ de tangentes RU, RV et $R'(u, v)$ de tangentes R′U′ et R′V′, deux réseaux dont les courbes se correspondent. Je dirai que R′ est *associé* à R s'il est conjugué à ∞^1 congruences harmoniques à R.

L'existence de réseaux associés à un réseau donné R résulte d'une Note antérieure [1] : envisageons une congruence quelconque Γ conjuguée à R; d'après un théorème de G. Fubini toute congruence C harmonique à R forme avec Γ un couple simplement stratifiable conjugué et harmonique, et j'ai indiqué dans la Note citée que les congruences C *peuvent être groupées en familles de ∞^1 congruences Δ à rayons homologues concourants;* le sommet de chaque faisceau de rayons homologues décrit un réseau R′ associé à R.

On établit sans peine que l'on obtient ainsi tous les réseaux associés à R. D'ailleurs, les deuxièmes plans focaux des différentes congruences Δ passent tous par la première tangente R′U′ de R′, et les premiers par R′V′; ce qui prouve que les congruences des tangentes de même rang de R et R′ forment des couples simplement stratifiables, les réseaux (u, v) des surfaces stratifiant RU et RV étant évidemment conjugués à ces congruences.

2. Il résulte immédiatement de la relation de stratifiabilité liant RU et R′U′, RV et R′V′, que les réseaux transformés de R′ par la méthode de Laplace *sont associés aux réseaux transformés correspondants de* R.

Si la relation entre R et R′ est réciproque on a des réseaux *doublement associés*, que l'on identifie aussitôt avec les réseaux focaux de même rang (réseaux isothermes conjugués de Tzitzéica-Demoulin) de deux congruences formant un couple stratifiable conjugué; la proposition ci-dessus relative à la transformation de Laplace s'applique ici dans les deux sens, et l'on peut dire : *des transformations de Laplace suivant la même variable transforment deux réseaux doublement associés en deux réseaux analogues*.

Supposons que l'on sache seulement qu'il existe *une* congruence conjuguée à chacun des réseaux R, R′, et harmonique à l'autre; les deux con-

(1) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1272.

gruences forment un couple stratifiable conjugué dans lequel les deux surfaces R et R′ sont deux surfaces enveloppées; les tangentes de même rang des réseaux R et R′ forment des couples stratifiables conjugués, et R et R′ sont *doublement associés*.

3. On obtient une configuration remarquable en envisageant les réseaux associés aux réseaux *orthogonaux*. Si $R(u, v)$ est orthogonal, les congruences Δ harmoniques à R et conjuguées à un même réseau associé R′ sont *cycliques*. Les cercles (u, v) des ∞^1 systèmes cycliques associés à ces congruences, passant par le point R et ayant pour axes les rayons du faisceau Δ, sont situés sur une même sphère Σ de centre R′. Σ est orthogonale aux ∞^2 surfaces S transformées de Ribaucour de R, dans un faisceau de transformations défini par les ∞^1 congruences Δ. Les points où Σ coupe normalement les différentes surfaces S établissent sur ces surfaces une correspondance *par lignes de courbure*, et aux lignes de courbure *correspond sur la surface lieu des centres de* Σ *un réseau conjugué*. Ainsi :

A chaque réseau associé à un réseau orthogonal correspond un faisceau de transformations de Ribaucour jouissant de cette propriété que *les* ∞^2 *éléments superficiels correspondant à un même point* (u, v) *du réseau sont orthogonaux à une même sphère* (Σ), *dont le centre décrit, lorsque* u *et* v *varient, un réseau conjugué correspondant aux lignes de courbure des* ∞^2 *surfaces transformées*.

4. Supposons qu'un réseau $R(u, v)$ soit persistant dans une déformation continue. Les congruences harmoniques à R, entraînées dans la déformation (chaque rayon étant supposé fixe dans le plan tangent correspondant du réseau), restent harmoniques à R (Ribaucour); d'où ce résultat :

Si les points constituant les deux familles de courbes d'un réseau associé à R sont supposés fixes dans les plans tangents correspondants, *ils ne cessent d'être distribués sur les deux familles de courbes d'un réseau associé à* R *au cours de la déformation continue dont* R *est susceptible*.

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Sur les couples de congruences stratifiables* Note (¹) de M. **Al. Pantazi**, présentée par M. Élie Cartan.

1. Nous nous sommes occupé des couples de congruences stratifiables dans le cas où les surfaces (S) d'une des deux familles de surfaces atta-

(¹) Séance du 4 décembre 1933.

chées au couple, suivant sa définition, sont des surfaces simplement réglées.

Dans ce cas, la deuxième famille (S′) est en général également composée de surfaces réglées, sauf dans un cas singulier, lorsque celle-ci peut être composée de surfaces pour lesquelles les asymptotiques d'une certaine famille appartiennent à des complexes linéaires.

Dans le cas général, on peut obtenir la solution du problème, en ce qui concerne la détermination des congruences K et K′, ainsi que la correspondance entre leurs rayons, *explicitement*, à l'aide d'un certain nombre de fonctions arbitraires d'un argument. La détermination des familles (S) et (S′) associées au couple se fait ensuite, dans tous les cas, par l'intégration d'une équation de *Riccati*, que l'on peut toujours, du fait qu'elle contient une fonction arbitraire, ramener à une seule quadrature.

2. Géométriquement, la solution la plus générale peut être présentée de la manière suivante. On considère une famille de quadriques Q touchant leur enveloppe suivant les quatre côtés s_0, s'_0, σ_0, σ'_0 d'un quadrilatère gauche, qui décrivent quatre surfaces réglées S_0, S'_0, Σ_0, Σ'_0. Les génératrices rectilignes d'un même système des quadriques Q forment une première congruence W ayant S_0, S'_0 comme surfaces focales; de même, l'autre système de génératrices engendre une deuxième congruence W ayant pour surfaces focales Σ_0, Σ'_0. La détermination d'une telle configuration est un problème classique, celui-ci pouvant se ramener à la détermination, d'après ce qui précède, d'une congruence W dont les deux nappes focales sont réglées. Cette détermination s'obtient explicitement à l'aide de quatre fonctions arbitraires d'un argument. Les congruences K et K′ se confondent dans leur ensemble avec une des congruences W précédemment introduites; si c'est par exemple la première, deux rayons ρ et ρ' correspondants, au sens de la définition des couples stratifiables, appartiennent à une même quadrique Q et forment sur celle-ci une correspondance homographique ayant les génératrices σ_0, σ'_0 des surfaces Σ_0, Σ'_0 comme rayons doubles. Cela permet de déterminer cette correspondance aussi, explicitement, à l'aide d'une cinquième fonction arbitraire d'un argument. Les surfaces (S) ainsi que les surfaces (S′) sont engendrées par les rayons de la deuxième congruence. Elles découpent sur les rayons de la première congruence des divisions ponctuelles projectivement égales. Les surfaces (S) et (S′) touchent les surfaces Σ_0, Σ'_0 suivant les deux familles de courbes d'un réseau et chacune de ces familles découpe sur les génératrices de ces deux surfaces des divisions ponctuelles projectivement égales.

3. Un cas particulier intéressant est celui où les congruences K et K′

sont conjuguées aux surfaces (S) et (S'). Dans ce cas les surfaces Σ_0 et Σ'_0 se réduisent à deux droites D, D', tandis que les surfaces S_0 et S'_0 sont deux conoïdes, ayant ces deux droites pour directrices, enveloppes d'une famille de quadriques Q passant par les droites D et D'. Les génératrices de ces quadriques appartenant au système qui contient D et D' engendrent une congruence W ayant S_0 et S'_0 comme nappes focales, et avec laquelle se confondent les congruences K et K'.

Deux rayons correspondants de K et K' appartiennent à une même quadrique et forment sur celle-ci une correspondance homographique ayant les droites D et D' comme rayons doubles, le rapport anharmonique de deux rayons correspondant aux rayons doubles étant le même pour toutes les quadriques Q. Les deux congruences K et K', ainsi que la correspondance entre les rayons, peuvent ainsi s'obtenir explicitement à l'aide de deux fonctions arbitraires d'un argument. Mais d'après M. Finikoff (1) on obtient un autre couple conjugué (N, N') en joignant les foyers de K sur S_0, S'_0 avec les foyers correspondants de K' sur S'_0, S_0. On obtient ainsi par cette transformation de M. Finikoff, d'une manière explicite, *un couple de congruences stratifiables en familles de surfaces dont les assymptotiques d'une même famille appartiennent à des complexes linéaires;* ces surfaces elles-mêmes s'obtiennent ensuite par une quadrature.

4. Dans le cas singulier et lorsque les surfaces de la seconde famille de surfaces (S') attachées au couple sont aussi réglées, la solution s'obtient de deux manières. On obtient un couple conjugué, dépendant de quatre fonctions arbitraires d'un argument, en prenant deux courbes C, C' qui se trouvent dans la situation du problème de Kœnigs (2). La congruence K est formée par les droites passant par les points M de C et situées dans le plan osculateur à C passant par M, et de même K' est composée des droites passant par les points M' de C' et situées dans le plan osculateur en M' à C'. Deux rayons correspondants de K et K' passent par les points M, M' correspondant sur les deux courbes C, C' au sens du problème de Kœnigs. La correspondance entre les rayons passant par M, M' est homographique et fait correspondre à M, M' la tangente MT en M à C ou la tangente M'T' en M' à C', suivant qu'on la considère faisant partie de K ou de K'. On obtient des couples non conjugués en considérant encore deux courbes C, C' dans la même situation que précédemment : la congruence K est formée

(1) *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 376.

(2) V.-G. Tzitzéica, *Mém. Sc. math.*, 47, p. 33 et 44.

par les droites passant par les points M de C et rencontrant la tangente à C′ en M′ correspondant à M au sens du problème de Kœnigs, et de même les rayons de K′ passent par M′ et rencontrent les tangentes en M à C. La correspondance entre les faisceaux de rayons passant par M et M′ est homographique et fait correspondre à deux rayons K voisins de MM′, deux rayons de K′ voisins de MM′, mais en *sens inverse* de la correspondance de Kœnigs. Dans les deux cas les congruences s'obtiennent en termes finis ainsi que la correspondance entre les rayons. Les surfaces (S) passent toutes par C′ et coupent les rayons de K suivant des divisions ponctuelles projectivement égales et réciproquement. On les obtient par la résolution d'une équation de Riccati qui se réduit, du fait qu'elle contient une fonction arbitraire, à une seule quadrature.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Quelques théorèmes sur les séries de Fourier.* Note (¹) de M. **Mandelbrojt**, présentée par M. Hadamard.

Soit $f(t)$ une fonction sommable (intégrable au sens de M. Lebesgue) dans l'intervalle (a, b).

Nous dirons que le point t_0 $(a \leq t_0 < b)$ est, en moyenne, un zéro à droite de $f(t)$, d'ordre exponentiel égal à ρ, si

$$\varlimsup_{\alpha \to +0} \frac{\log\left(-\log\int_{t_0}^{t_0+\alpha} |f(t)|\,dt\right)}{-\log\alpha} = \rho > 0.$$

On définira d'une manière analogue un zéro à gauche $(t_0,\ a < t_0 \leq b)$, d'ordre exponentiel égal à ρ.

La quantité ρ caractérise la rapidité avec laquelle $\int_{t_0}^{t_0+\alpha} |f(t)|\,dt$ tend vers zéro lorsque $\alpha \to +0$. Si $f(t)$ s'annule, presque partout, dans un intervalle $(t_0,\ t_0+\alpha_1)$ $(\alpha_1 > 0)$, on posera $\rho = +\infty$. On voit, d'autre part, que $f(t) \to f(t_0)$, lorsque $t \to t_0 + 0$ et si $f(t_0) \neq 0$, alors $\rho = 0$. Ces remarques justifient notre terminologie.

Nous démontrons, en premier lieu, le théorème suivant :

Soit $f(t)$ une fonction sommable dans l'intervalle $(0,\ 2\pi)$. Supposons que t_0 $(0 \leq t_0 < 2\pi)$ est, en moyenne, un zéro à droite de $f(t)$, d'ordre exponentiel égal à δ.

(¹) Séance du 27 novembre 1933.

Soit

$$f(t) \sim \sum_{i=1}^{\infty} (a_{n_i} \cos n_i t + b_{n_i} \sin n_i t), \tag{1}$$

et supposons que l'exposant de convergence de la suite

$$n_1, \quad n_2, \quad \ldots, \quad n_i, \quad \ldots$$

est égal à σ, *avec* $\sigma < 1$.

Si l'inégalité suivante a lieu

$$\delta > \frac{\sigma}{1-\sigma}, \tag{2}$$

alors $f(t)$ *est nulle presque partout.*

D'ailleurs, la quantité $\sigma/1-\sigma$ fournit une borne supérieure *exacte* de δ, pour qu'une fonction $f(t)$, non nulle dans un ensemble de mesure positive, et possédant un zéro, en moyenne, d'ordre exponentiel δ, puisse posséder une série de Fourier de la forme (1) avec un exposant de convergence de la suite $\{n_i\}$ égal à σ. On peut en effet compléter le théorème précédent par le suivant :

Soient p un entier positif, ε *une quantité positive et* t_0 *un nombre compris entre* 0 *et* 2π; *on peut construire une fonction* $f_1(t)$ *de la forme*

$$f_1(t) = \sum_{i=1}^{\infty} (a'_{n'_i} \cos n'_i t + b'_{n'_i} \sin n'_i t),$$

pour laquelle t_0 *est, en moyenne, un zéro à droite d'ordre exponentiel* δ_1, *l'exposant de convergence de la suite* $\{n'_i\}$ *étant* σ_1 *et les relations suivantes ayant lieu :*

$$\frac{1}{p} - \varepsilon < \sigma_1 < \frac{1}{p},$$
$$\frac{\sigma_1}{1-\sigma_1} - \varepsilon < \delta_1 < \frac{\sigma_1}{1-\sigma_1}.$$

On peut, dans nos théorèmes, remplacer l'expression « à droite » par l'expression « à gauche ».

La démonstration de notre théorème est essentiellement basée sur le lemme suivant :

Soit $\{n_i\}$ *une suite d'entiers positifs dont l'exposant de convergence est égal à* $\sigma < 1$.

Soit m un entier positif différent de tous les entiers n_i $(i = 1, 2, \ldots)$, *et soient a et b deux nombres réels, non nuls tous les deux.*

Soit enfin ρ *une quantité telle que*

$$\rho > \frac{\sigma}{1-\sigma}.$$

Il existe alors une constante δ ($\delta > 0$) *et une famille de fonctions* $f_\alpha(t)$ *jouissant pour* $\alpha > 0$ *assez petit, des propriétés suivantes :*

1° *Chaque fonction* $f_\alpha(t)$ *est définie dans l'intervalle* ($0 \leqq t \leqq \alpha$), *elle y est continue et indéfiniment dérivable.*

2° $$f_\alpha^{(n)}(0) = f_\alpha^{(n)}(\alpha) = 0 \qquad (n = 0, 1, 2, \ldots).$$

3° *En posant*

$$F_\alpha(t) = f_\alpha(t),$$

lorsque $0 \leqq t \leqq \alpha$, *et*

$$F_\alpha(t) = 0,$$

pour $\alpha < t \leqq 2\pi$, *et en écrivant*

$$F_\alpha(t) = \sum_{n=0}^{\infty} (a_n^{(\alpha)} \cos nt + b_n^{(\alpha)} \sin nt); \qquad b_0^{(\alpha)} = 0,$$

on a

$$a_0^{(\alpha)} = a_{n_i}^{(\alpha)} = b_{n_i}^{(\alpha)} = 0 \qquad (i = 1, 2, 3, \ldots),$$
$$|aa_m^{(\alpha)} + bb_m^{(\alpha)}| > \delta\alpha^2.$$

4° *On a*

$$|f_\alpha(t)| > e^{\alpha^{-\rho}}.$$

On démontre ce théorème en se basant, d'une part, sur la théorie des fonctions entières et, d'autre part, sur quelques faits connus de la théorie des fonctions quasi analytiques. Les démonstrations sont trop difficiles pour qu'elles puissent trouver place dans une Note.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur un type assez général d'équations intégrales singulières.* Note de M. **Robert Gibrat**, présentée par M. Hadamard.

1. En cherchant à interpréter les résultats expérimentaux de certaines études que nous poursuivons sur la corrosion des canalisations métalliques souterraines ([1]), nous nous sommes trouvé en présence de l'équation inté-

([1]) *VII*^e *Assemblée générale technique de l'Union des Voies ferrées et des Transports automobiles* (Strasbourg, juin 1933) et *Revue générale de l'Électricité* (en cours d'impression).

grale singulière de première espèce :

$$f(x)=\int_{-\infty}^{+\infty} j(l)\, k(x, l)\, dl, \tag{1}$$

où $f(x)$ est la fonction connue, $j(l)$ la fonction inconnue et où le noyau $k(xl)$ a, suivant le cas, l'une des deux formes suivantes :

$$k_1(x, l)=\frac{1}{\sqrt{(x-l)^2+y^2+z^2}}-\frac{0,5}{\sqrt{(x-l)^2+(y+d)^2+z^2}}-\frac{0,5}{\sqrt{(x-l)^2+(y-d)^2+z^2}},$$

$$k_2(x, l)=\frac{1}{\sqrt{(x-l)^2+y^2+z^2}}-\frac{0,5}{\sqrt{(x-d-l)^2+y^2+z^2}}-\frac{0,5}{\sqrt{(x+d+l)^2+y^2+z^2}},$$

les quantités y, z et d étant fixes dans chaque série d'expériences.

Ces deux noyaux sont de la forme $k(l-x)$ et ce qui va suivre s'applique à toutes les équations à limites infinies comportant un noyau de ce type ou, d'une manière générale, à toutes celles qui peuvent s'y ramener [1]. Il en est ainsi des noyaux de la forme $k(xl)$ comme nous allons le montrer sur l'exemple de l'équation de Laplace-Abel :

$$f(x)=\int_0^{\infty} e^{-xl}\varphi(l)\, dl.$$

En posant $x=e^{-X}$ et $l=e^{-L}$, puis $F(X)=f(e^{-X})$ et $\Phi(L)=\varphi(e^{L})e$ on trouve

$$F(X)=\int_{-\infty}^{+\infty} e^{-e^{L-X}}\Phi(L)\, dL.$$

2. L'équation intégrale homogène correspondant à l'équation (1) est

$$f(x)=\lambda\int_{-\infty}^{+\infty} f(l)\,K(l-x)\, dx \tag{2}$$

et en appliquant un artifice qui réussit souvent dans ce genre de questions

---

(1) Nous englobons ainsi les cas particuliers déjà envisagés dans les *Comptes rendus* par MM. E. Picard (**152**, 1911, p. 61), Zarletti (**157**, 1913, p. 198), Goursat (**157**, 1913, p. 843) et Sanielevici (**194**, 1932, p. 682 et 829).

nous la ramenons à l'équation fonctionnelle

$$f(x+y)=f(x)f(y),$$

car toutes les solutions de cette équation sont solutions de l'équation intégrale homogène pour une valeur donnée de λ. On a ainsi l'ensemble des fonctions e^{kx}, k étant une constante assujettie seulement à donner un sens à $\lambda(k)$. On a

$$\frac{1}{\lambda(k)}=\int_{-\infty}^{+\infty} e^{kt}k(t)\,dt.$$

Ainsi, pour l'équation de Laplace-Abel transformée, nous obtenons

$$\frac{1}{\lambda(k)}=\Gamma(k),$$

sous la seule condition que k soit à partie réelle positive. L'ensemble des valeurs fondamentales couvre donc un demi-plan et forme un continu à deux dimensions. Lorsque le noyau $K(t)$ est algébrique, il faut que k soit imaginaire pur, on a alors un continu linéaire. Par exemple, pour les deux noyaux du problème de la corrosion, on a, suivant les cas,

$$\frac{1}{\lambda_1(k)}=2K_0\left(k\sqrt{y^2+z^2}\right)-\left\{K_0\left[k\sqrt{(y+d)^2+z^2}\right]+K_0\left[k\sqrt{(y-d)^2+z^2}\right]\right\},$$

$$\frac{1}{\lambda_2(k)}=2(1-\cos kd)\,K_0\left(k\sqrt{y^2+z^2}\right),$$

$\lambda(k)$ correspondant ici à la solution e^{ikx} de l'équation homogène et $K_0(x)$ étant la fonction connue de Bessel d'ordre zéro et d'argument imaginaire [1].

3. Pour résoudre l'équation (1), nous chercherons donc à construire une solution de la forme

$$j(x)=\frac{1}{\sqrt{2\pi}}\int_{-\infty}^{+\infty} f(k)\,e^{ikx}\,dx.$$

Par des calculs faciles, en utilisant les formules de réciprocité relatives à l'intégrale de Fourier, on obtient

$$(3)\qquad \left\{\begin{array}{l} j(l)=\dfrac{1}{\sqrt{2\pi}}\displaystyle\int_{-\infty}^{+\infty} e^{ikl}g(k)\,\lambda(k)\,dk \\ \text{avec} \\ g(k)=\dfrac{1}{\sqrt{2\pi}}\displaystyle\int_{-\infty}^{+\infty} e^{-ikx}f(x)\,dx, \end{array}\right.$$

(1) Voir, pour la définition précise, WATSON, *Theory of Bessel functions*, p. 76.

sous les seules conditions que $f(x)$ soit continu dans tout intervalle fini de la variable, sauf peut-être en un certain nombre de points où $f(x)$ effectue un saut, et que l'intégrale $\int_{-\infty}^{+\infty} |f(x)|\, dx$ ait un sens.

Nous pouvons aussi donner, au point de vue formel, le noyau résolvant de (1), car on peut écrire

$$(4)\quad \begin{cases} j(l) = \displaystyle\int_{-\infty}^{+\infty} f(x)\,\varphi(l-x)\,dx \\ \text{avec} \\ \varphi(x) = \dfrac{1}{2\pi}\displaystyle\int_{-\infty}^{+\infty} e^{ikx}\,\lambda(k)\,dk. \end{cases}$$

A ce sujet, nous nous réservons de revenir prochainement sur les résultats curieux auxquels conduit l'étude des conditions de validité des formules précédentes.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les systèmes de deux fonctions uniformes de deux variables complexes.* Note de M. **Florent Bureau**, présentée par M. Émile Borel.

1. On sait que Fatou (1) a montré par des exemples qu'*il existe des systèmes de deux fonctions entières (indépendantes) de deux variables complexes qui ne peuvent s'approcher simultanément et indéfiniment de certains systèmes de valeurs données.* Il en a déduit que les théorèmes bien connus de Weierstrass et de M. Picard n'avaient pas de correspondants pour les systèmes de deux fonctions entières de deux variables complexes.

2. Dans un ordre d'idées un peu différent (2), on peut démontrer le théorème suivant :

Soient

$$f(z,\, t) = a_0 + a_1 z + a_2 t + \ldots,$$
$$\varphi(z,\, t) = b_0 + b_1 z + b_2 t + \ldots$$

deux fonctions holomorphes des variables complexes z et t dans le domaine $|z| < r$, $|t| < \rho$; *si la quantité* $J = a_1 b_2 - a_2 b_1$ *est différente de zéro et si les*

(1) *Comptes rendus*, 175, 1922, p. 1030.

(2) A. Bloch, *Ann. École Norm. sup.*, 3e série, 43, 1926, p. 309-362, spéc. p. 352, n° 23.

fonctions $f(z, t)$, $\varphi(z, t)$ laissent à découvert les multiplicités :

(1) $f=0, \quad f=1, \quad f=\infty, \quad g=0, \quad g=1, \quad g=\infty, \quad f=g,$

le produit $r\rho$ est borné par un nombre qui s'exprime en fonction de a_0, b_0 et $|J|$ seulement.

En effet, désignons par $x=X(\xi, \eta)$, $y=Y(\xi, \eta)$ les fonctions modulaires de M. Picard ([1]); elles sont holomorphes et uniformes dans tout leur domaine d'existence ([2]) :

$$|\eta|^2+2\mathcal{R}\xi<0 \tag{2}$$

et ne prennent aucune des valeurs appartenant aux sept multiplicités

$$x=0, \quad x=1, \quad x=\infty, \quad y=0, \quad y=1, \quad y=\infty, \quad x=y.$$

Soient $\xi=\lambda(x, y)$, $\eta=\mu(x, y)$ les fonctions inverses des fonctions modulaires de M. Picard; elles sont holomorphes en tout point qui n'appartient pas à une des sept multiplicités précédentes.

Considérons à présent les fonctions

$$\mathcal{F}(z, t)=\lambda[f(z, t), \varphi(z, t)] \quad \text{et} \quad \Phi(z, t)=\mu[f(z, t), \varphi(z, t)];$$

elles sont holomorphes dans le domaine $|z|<r$, $|t|<\rho$ car, par hypothèse, les fonctions $f(z, t)$ et $\varphi(z, t)$ laissent à découvert les sept multiplicités (1). D'ailleurs, d'après la relation (2), la fonction $\mathcal{F}(z, t)$ est différente de l'unité; il en résulte que les fonctions

$$u(z, t)=\frac{1+\mathcal{F}(z, t)}{1-\mathcal{F}(z, t)}, \qquad v(z, t)=\sqrt{2}\,\frac{\Phi(z, t)}{1-\mathcal{F}(z, t)}$$

sont holomorphes dans le domaine $|z|<r$, $|t|<\rho$ qu'elles transforment en un domaine intérieur à l'hypersphère $|u(z, t)|^2+|v(z, t)|^2<1$ et par suite intérieur au dicylindre $|u(z, t)|\leqslant 1$, $|v(z, t)|<1$.

On en déduit immédiatement que les fonctions

$$u(r\mathfrak{Z}, \rho T)=u_0+u_1 r\mathfrak{Z}+u_2\rho T+\ldots,$$
$$v(r\mathfrak{Z}, \rho T)=v_0+v_1 r\mathfrak{Z}+v_2\rho T+\ldots$$

sont holomorphes et de module plus petit que un pour $|\mathfrak{Z}|<1$, $|T|<1$.

([1]) *Acta mathematica*, **2**, 1883, p. 114-135; Kampé de Fériet, *Journal de Mathématiques pures et appliquées*, 9e série, **8**, 1929, p. 381-399.

([2]) Nous posons $\xi=\mathcal{R}\xi+i\mathcal{I}\xi$ et $\bar{\xi}=\mathcal{R}\xi-i\mathcal{I}\xi$.

Il résulte alors d'un théorème de M. Henri Cartan [1] que

$$r\rho < \frac{(1-u_0\overline{u_0})(1-v_0\overline{v_0})}{|u_1v_2-v_1u_2|}.$$

Un calcul facile montre que le second membre de cette relation s'exprime en fonction de a_0, b_0 et $|J| = |a_1b_2 - a_2b_1|$ seulement.

3. On obtient un résultat plus général en effectuant sur f et φ une transformation *homographique*, non singulière, à coefficients constants. On a alors le théorème suivant :

Si les fonctions $f(z,t)$ et $\varphi(z,t)$ du théorème précédent sont holomorphes dans le domaine $|z|<r$, $|t|<\rho$ et laissent à découvert dans le plan COMPLEXE [2] *les quatre côtés d'un quadrilatère complet et l'une de ses diagonales; si, de plus, la quantité $J = a_1b_2 - a_2b_1$ est différente de zéro, le produit $r\rho$ est borné par un nombre qui s'exprime en fonction de a_0, b_0, $|J|$, et qui dépend en outre des côtés du quadrilatère complet.*

4. On déduit aussitôt de ce théorème qu'*il n'existe pas de systèmes de deux fonctions entières (indépendantes) de deux variables complexes, laissant à découvert dans le plan* COMPLEXE *les quatre côtés d'un quadrilatère complet et l'une de ses diagonales, si la quantité $J = a_1b_2 - a_2b_1$ des paragraphes précédents est différente de zéro.*

En effet, dans ce cas le produit $r\rho$ ne peut pas être borné.

D'ailleurs, on obtiendra des résultats analogues à ceux qui précèdent, en supposant que les fonctions $f(z, t)$ et $\varphi(z, t)$ sont holomorphes dans une hypersphère.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur l'intégration le long des ensembles fermés rectifiables.* Note de M. **Arnaud Denjoy**, présentée par M. Émile Borel.

Soit G un ensemble fermé (borné). ε étant positif donné, considérons dans G les continus $k(\varepsilon)$ de diamètre supérieur à ε. Nous dirons que G vérifie respectivement les conditions (D *bis*) ou (D *ter*) si nous ne pouvons obtenir qu'un nombre fini de $k(\varepsilon)$: 1° deux à deux disjoints (D *bis*); 2° ayant deux à deux au plus une infinité dénombrable de points communs

---

(1) *Bull. Société mathématique de France*, 58, 1930, p. 199-219, spéc. p. 214.

(2) Si x et y désignent deux variables complexes, nous appellerons *plan complexe*, l'ensemble des couples de valeurs (x, y).

(D *ter*). G vérifie (Δ) si G est de mesure linéaire finie. Évidemment

$$\text{classe (D } bis) > \text{classe (D } ter) > \text{classe } (\Delta).$$

J'ai montré que la frontière F d'une région R, *si* F *vérifie* (D *bis*), est formée d'un nombre fini ou d'une infinité dénombrable de continus cycliques H deux à deux disjoints et d'un ensemble totalement discontinu U.

R *est homéomorphe à une région* S *dont la frontière* K *est formée de cercles* C *deux à deux disjoints et d'un ensemble totalement discontinu* V. Si M décrit R et si N décrit S, N *est continu en* M *sur* F *face à* R.

On peut faire en sorte que K *soit de mesure linéaire finie* et *se donner par avance la mesure du transformé sur* K *de tout sous-ensemble* (mesurable B) *de* F.

Le complémentaire d'un ensemble G vérifiant (D *bis*) est formé d'un nombre fini ou d'une infinité dénombrable de régions r_m, la frontière F_m de r_m étant dans G et contenant au moins un et au plus une infinité dénombrable de courbes simples de Jordan ayant deux à deux (pour un même m) au plus un point commun. Désignons par Γ_n une courbe appartenant en totalité à la frontière d'un r_m et dirigée de façon que r_m soit dans Γ_n^+.

Les points appartenant à au moins trois courbes Γ_p *sont au plus en infinité dénombrable.*

Soit γ un arc ou une courbe simple de Jordan, dirigé, contenu dans G (γ peut être un Γ_n, ou au contraire n'avoir avec aucun Γ_n tout un arc commun). Soient $e_1(\gamma)$, $e_2(\gamma)$ les deux ensembles formés de points communs à γ et à au moins un Γ_n, la région r_i à laquelle appartient ce Γ_n étant du côté positif de γ en un point de $e_1(\gamma)$, du côté négatif de γ en un point de $e_2(\gamma)$. [Par exemple, $e_1(\Gamma_n) = \Gamma_n$.] Cela posé,

Chacun des ensembles $e_1(\gamma)$, $e_2(\gamma)$ *est :* 1° *partout dense sur* γ, *si* G *vérifie* (D *bis*); 2° *non dénombrable sur chaque arc de* γ *si* G *vérifie* (D *ter*); 3° *une pleine épaisseur de* γ *si* G *vérifie* (Δ).

Donc, *pour qu'un ensemble fermé* (borné) G *soit homéomorphe à un ensemble de mesure linéaire finie, il faut* (et sans doute suffit-il) *que* G *vérifie* (D *ter*) *et que, pour tout arc* γ *situé sur* G, $e_1(\gamma).e_2(\gamma)$ *soit non dénombrable.* Sur un tel ensemble une intégration de Stieltjes sera aisée.

EXEMPLES. — 1° Si nous divisons l'intérieur et l'extérieur d'un cercle γ par une triangulation de Schwarz, transformation homographique du plan complexe divisé par les pseudo-triangles de sommets p/q, p'/q', $p+p'/q'+q'$, $(pq'-qp'=1,\ q\geqq 0,\ q'\geqq 1)$, les côtés des triangles accrus de γ forment un ensemble fermé G_0. Les Γ_n sont les contours des triangles, γ n'est pas l'un des Γ_n. G_0 est de l'espèce (D *bis*), mais non (D *ter*). $e_1(\gamma)$ et $e_2(\gamma)$ sont dénombrables.

2° Sur un cercle γ plaçons une première suite d'ensembles parfaits $P_1, P_2, \ldots$, totalement discontinus, P_{n+1} ayant sur chaque arc i_r^n contigu à P_n une portion de mêmes extrémités que ce contigu. Plaçons sur γ une seconde suite analogue Q_m, à contigus j_s^m, différente ou non de la première. Soient ε_n la somme des i_r^n (n fixe), η_m la somme des j_s^m (m fixe). Soient h_r^n et k_s^m les parties respectivement intérieure et extérieure à γ des cercles orthogonaux à γ joignant les extrémités de i_r^n et celles de j_s^m.

$\gamma + \sum_{n,r} h_r^n$ est un ensemble fermé G_1. $\gamma + \sum_{s,m} k_s^m$ est un ensemble fermé G_2. Soit $G = G_1 + G_2$. $e_1(\gamma) = \Sigma P_n$ et $e_2(\gamma) = \Sigma Q_m$ sont des ensembles de première catégorie, donc rares du point de vue topologique (ou descriptif). Si $\Sigma\varepsilon_n$ est fini, G_1 vérifie (Δ). Si $\Sigma\varepsilon_n$ est infini, G_1 (sans vérifier Δ) est homéomorphe à un ensemble vérifiant (Δ) (mesure linéaire finie).

On peut faire en sorte que ΣP_n et ΣQ_m soient deux à deux sans points communs (l'une au moins des deux séries $\Sigma\varepsilon_n$, $\Sigma\eta_m$ est divergente). Alors, $G = G_1 + G_2$ *est la réunion de deux ensembles* G_1, G_2, *chacun homéorphe à un ensemble de mesure linéaire finie, et* G *n'admet pas cette homéomorphie, cependant* G *vérifie* (Δ *ter*).

On peut faire en sorte que les contours fermés γ n'ayant avec aucun Γ_n tout un arc commun soient partout denses sur G.

Théorème (d'intégration) A. — $P(x, y)$ *et* $Q(x, y)$ *étant deux fonctions continues définies sur* G, *et* G *fermé* (*borné*) *étant de mesure linéaire finie,*

$$\sum_n \int_{\Gamma_n} P\,dx + Q\,dy = 0.$$

Supposons que les régions r_i du complémentaire de G se divisent en deux groupes, $R_1, R_2, \ldots; \rho_1, \rho_2, \ldots$, de façon que ΣR_n a pour frontière la totalité de G. Soit $\Phi(\leqq G)$ la frontière de $\Sigma\rho_k$. Désignons par Γ_s'' une courbe Γ_n appartenant en totalité à la frontière d'une région ρ_k et parcourue dans le sens *rétrograde* par rapport à ρ_k. Supposons toujours G de mesure linéaire finie. D'autre part, soient ci-après P *et* Q *continus sur* $G + \Sigma R_n$, *différentiables dans* ΣR_n *avec* $\partial P/\partial y = \partial Q/\partial x$ (finis, mais non nécessairement continus); $f(z)$ *fonction de* $z = x + iy$, *continue sur* $G + \Sigma R_n$, *holomorphe* (douée d'une dérivée finie) *dans* ΣR_n [et si R_0 est infini, $f(\infty) = 0$]. On a les théorèmes B, B', C donnant des extensions notables aux théorèmes de Cauchy-Goursat et de Painlevé :

(B) $$\sum_s \int_{\Gamma_s''} P\,dx + Q\,dy = 0,$$

(B') $$\sum_s \int_{\Gamma_s''} f(z)\,dz = 0 \qquad \text{(Cauchy-Goursat)},$$

(C) $$\sum_s \frac{1}{2i\pi} \int_{\Gamma_s''} \frac{f(z)\,dz}{z - x} = \begin{cases} f(x) & \text{si } x \text{ est extérieur à } \Sigma\rho_k, \\ 0 & \text{si } x \text{ est dans } \Sigma\rho_k, \end{cases}$$

et $f(z)$ est holomorphe sur $G - \Phi$ (en tout point de G extérieur à $\Sigma\rho_k$) (Painlevé).

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les invariants des transformations dans le domaine de n variables complexes.* Note de M. N. ARONSZAJN, présentée par M. Elie Cartan.

La présente Note concerne des résultats que j'ai obtenus pendant l'année 1932, en relation avec certaines recherches de M. S. Bergmann [1].

Considérons l'espace de n variables complexes $x_1, \ldots, x_n$. Pour abréger les énoncés, nous prendrons les notations suivantes : x désignera le point $(x_1, \ldots, x_n)$ de l'espace, de même que $y \equiv (y_1, \ldots, y_n)$, $a \equiv (a_1, \ldots, a_n)$, ...; $\bar{x}$ désigne le point conjugué de x, c'est-à-dire le point $(\bar{x}_1, \ldots, \bar{x}_n)$; par la lettre σ (évent. avec des indices en haut) nous désignerons un système de n nombres entiers non négatifs $(m_1, \ldots, m_n)$ et par s (évent. avec les mêmes indices que σ) la somme correspondante $m_1 + m_2 + \ldots + m_n$.

Le produit $x_1^{m_1} x_2^{m_2} \ldots x_n^{m_n}$ sera désigné par $(x)^\sigma$; son degré sera alors s. La fonction $f(x_1, \ldots, x_n)$ sera désignée par $f(x)$, sa dérivée partielle $\dfrac{\partial^s f(x_1, \ldots, x_n)}{\partial x_1^{m_1} \ldots \partial x_n^{m_n}}$ au point $x = a$ par $\partial^s f(a)/(\partial x)^\sigma$.

Soit $x^1 = T(x)$ une transformation analytique d'un domaine $\mathcal{D}$ de l'espace des variables x_k sur un domaine $\mathcal{D}^1$ de l'espace des variables x_k^1. Elle est donnée par un système de fonctions $x_k^1 = t_k(x)$ holomorphes ou méromorphes dans $\mathcal{D}$ et dont le jacobien $\partial(x_2^1, \ldots, x_n^1)/\partial(x_1, \ldots, x_n)$, que nous désignerons par $\Delta T(x)$, n'est pas identiquement nul.

Nous admettrons comme domaines, tous les domaines simples, ou ramifiés d'une manière quelconque, renfermant l'infini ou non, pourvu qu'ils proviennent d'un domaine simple borné par l'intermédiaire d'une transformation analytique (considérée comme biunivoque).

M. Bergmann a démontré (B_1) l'existence, pour chaque domaine borné simple $\mathcal{D}$, d'une fonction $K(x, \bar{y})$ — noyau de ce domaine — régulière en x et $\bar{y}$ (conjugué de y) quand x et y se trouvent dans $\mathcal{D}$.

---

[1] Principalement les travaux suivants : B_0, dans *Math. Ann.*, **86**, 1922; B_1, dans *Mat. Zeitsch.*, **29**, 1929; B_2, dans *Math. Ann.*, **102**, 1929; B_3, dans *Journ. f. reine u. ang. Math.*, **169**, 1932. Nous mettrons dans le texte la lettre B_k près des formules et énoncés se trouvant dans le mémoire B_k. Remarquons que M. Bergmann s'occupait principalement des domaines dans l'espace de deux variables, mais ses résultats s'étendent immédiatement au cas de n variables.

Cette fonction possède les propriétés suivantes :

(1) (B_1) $\overline{K(x, \bar{y})} = K(y, \bar{x})$; $K(x, x) > 0$ *pour x dans* $\mathfrak{D}$;

(2) (B_0) $$f(x) = \int_{\mathfrak{D}} K(x, \bar{y}) f(y)\, d\omega_y,$$

pour toute fonction $f(x)$ *régulière et de carré sommable dans* $\mathfrak{D}$ (*qui est considéré comme domaine dans l'espace de* $2n$ *variables réelles*); $d\omega_y$ *est l'élément de volume au point* y *qui parcourt le domaine* $\mathfrak{D}$;

(2σ) $$\frac{\partial^s f(x)}{(\partial x)^\sigma} = \int_{\mathfrak{D}} \frac{\partial^s K(x, \bar{y})}{(\partial x)^\sigma} f(y)\, d\omega_y.$$

(3) (B_3). *Si la transformation* $x^1 = T(x)$ *représente le domaine* $\mathfrak{D}$ *sur le domaine* $\mathfrak{D}^1$, *on a entre leurs fonctions-noyaux* K *et* K^1 *la relation*

$$K^1(x^1, \overline{y^1})\, \Delta T(x)\, \overline{\Delta T(y)} = K(x, \bar{y}).$$

Dans le cas d'un domaine $\mathfrak{D}^1$ ramifié ou non borné provenant d'un domaine simple et borné $\mathfrak{D}$ par intermédiaire de $x^1 = T(x)$, on peut prendre la formule (3) comme définition de la fonction $K^1(x^1, \overline{y^1})$. Celle-ci peut n'être plus holomorphe mais sera toujours méromorphe dans $\mathfrak{D}$ et toutes les propriétés (1), (2) et (3) resteront vraies. Nos considérations qui vont suivre seront faites dans le cas d'un domaine simple borné, mais elles s'étendent d'une manière analogue aux domaines quelconques.

$f_1(x)$ et $f_2(x)$ sont orthogonales dans $\mathfrak{D}$ si $\int_{\mathfrak{D}} f_1(x)\overline{f_2(x)}\, d\omega_x = 0$.

Posons-nous le problème suivant : *Étant donné un point a de* $\mathfrak{D}$, *un ensemble* $\mathcal{E}$ *de systèmes* σ, *et pour chaque système* σ *de cet ensemble un nombre* α_σ, *trouver une fonction* $u(x)$ *régulière dans* $\mathfrak{D}$ *et telle que* : 1° $\partial^s u(a)/(\partial x)^\sigma = \alpha_\sigma$ *pour tout système* σ *de l'ensemble* $\mathcal{E}$; 2° *une fonction* $f(x)$ *régulière dans* $\mathfrak{D}$ *et telle que* $\partial^s f(a)/(\partial x)^\sigma = 0$ *pour tout* σ *de* $\mathcal{E}$, *est toujours orthogonale à* $u(x)$ *dans* $\mathfrak{D}$.

On trouve que la fonction $u(x)$ existe toujours, qu'elle est unique, et qu'elle s'exprime linéairement avec les dérivées $\partial^s K(x, \bar{a})/(\partial \bar{y})^\sigma$, pour les σ appartenant à $\mathcal{E}$.

Prenons pour un système $\sigma = (m_1, \ldots, m_n)$, $s = m_1 + \ldots + m_n$, l'ensemble $\mathcal{E}$ de tous les systèmes σ' avec $s' \leqq s$ et posons $\alpha_{\sigma'} = 0$ pour $\sigma' \not\equiv \sigma$ et $\alpha_\sigma = 1$. La fonction $u(x)$ correspondante sera désignée par $\varphi_\sigma(x)$.

En prenant pour le même système σ l'ensemble $\mathcal{E}$ de tous les σ' avec $s' < s$ plus le système σ et en posant $\alpha_{\sigma'} = 0$ pour $s' < s$ et $\alpha_\sigma = 1$, on obtient une fonction $u(x)$ qui sera désignée par $\psi_\sigma(x)$.

Voici les propriétés des fonctions φ_σ et ψ_σ :

(4) *φ_σ et $\varphi_{\sigma'}$ ainsi que ψ_σ et $\psi_{\sigma'}$ sont orthogonales pour $s' \neq s$;*

(5) *φ_σ et $\psi_{\sigma'}$ sont orthogonales pour $\sigma' \neq \sigma$;*

(6) *Toute fonction ψ_σ est une combinaison linéaire des $\varphi_{\sigma'}$ avec $s' = s$;*

(7) *Une fonction $f(x)$ régulière et au carré sommable dans D peut être représentée (et d'une manière unique) par une série multiple $\Sigma A_\sigma \varphi_\sigma(x)$ qui converge uniformément vers $f(x)$ à l'intérieur de D si on la transforme en série simple en groupant ses termes du même ordre s.*

Ceci forme une généralisation du développement de Taylor par rapport au centre a. Si les φ_σ sont deux à deux orthogonales (alors elles se confondent avec les ψ_σ) la série multiple converge aussi uniformément vers $f(x)$.

Dans beaucoup de cas la propriété (7) s'applique aux fonctions quelconques régulières dans D, entre autres dans le cas des domaines (m, p) — cerclés de M. H. Cartan. Dans ces cas la propriété (7) généralise et précise certains résultats de M. H. Cartan ([1]).

(8) *Les fonctions φ_σ du même ordre s forment (dans un certain sens) un tenseur contravariant d'ordre s par rapport à toute transformation analytique $T(x)$ du domaine $\mathcal{D}$.*

Plus précisément, si $\mathcal{D}$ est transformé en $\mathcal{D}^1$, a en a^1, et si $\varphi_\sigma^1(x^1)$ désignent les fonctions φ_σ par rapport au domaine $\mathcal{D}^1$ et au point a^1, alors $\varphi_\sigma^1[T(x)]\dfrac{\Delta T(x)}{\Delta T(a)}$ s'exprime linéairement avec les $\varphi_{\sigma'}(x)$, pour $s'=s$, comme le monome $(x^1)^\sigma$ à l'aide des monomes $(x)^{\sigma'}$ quand on fait subir aux x_k l'affinité analytique

$$x_l^1 = \sum_{k=1}^{n} \frac{\partial t_c(a)}{\partial x_k} x_k, \tag{9}$$

où les $t_l(x)$ forment la transformation $T(x)$.

De même on obtient que les fonctions $\varphi_\sigma(x)$ du même ordre s forment une sorte de tenseur covariant.

([1]) *Journ. de Math. pur. et appl.*, 9, 1931.

MÉCANIQUE. — *Sur la précession dans le phénomène gyroscopique.* Note de M. **A. Métral**, présentée par M. E. Jouguet.

Halphen, à l'aide des fonctions elliptiques, puis M. Hadamard, par la voie des imaginaires, ont démontré que la rotation précessionnelle a toujours le signe de la valeur initiale r_0 de la composante de la rotation du solide de révolution S autour de son axe de figure, lorsque la vitesse précessionnelle s'annule au cours du mouvement. On peut donner de ce résultat une démonstration plus simple en restant dans le domaine réel, et en s'inspirant de la démonstration de Puiseux relative au pendule sphérique.

Les trois équations du mouvement d'un solide de révolution pesant S, fixé par un point de son axe, sont

$$\psi'^2 \sin^2\theta + \theta'^2 = \alpha - a\cos\theta, \tag{1}$$

$$\psi' \sin^2\theta = \beta - br_0 \cos\theta, \tag{2}$$

$$\psi' \cos\theta + \varphi' = r_0. \tag{3}$$

ψ, θ, φ désignent respectivement la précession, la nutation et la rotation propre du solide S; α et β sont deux constantes arbitraires; b est le quotient des moments d'inertie de S, C par rapport à son axe de figure, A par rapport à un axe quelconque de symétrie du parallèle passant par le point de suspension; enfin $a = 2\mu gl/\mathrm{A}$, avec $\mu =$ masse de S, $g =$ accélération de la pesanteur, $l =$ distance séparant le point de suspension O du centre de gravité G. De (1) et (2), on déduit avec $\cos\theta = u$:

$$\left(\frac{du}{dt}\right)^2 = (\alpha - au)(1-u^2) - (\beta - br_0 u)^2.$$

Soit $f(u)$ le polynome du second membre; (2) s'écrit

$$d\psi = \frac{\beta - br_0 u}{1-u^2} \times \frac{du}{\sqrt{f(u)}}.$$

Le polynome du troisième degré en u, $f(u)$, négatif pour les valeurs $-\infty$, -1, $+1$ de u, est au contraire positif nécessairement pour la valeur initiale u_0 de u, comprise entre -1 et $+1$. Il a donc une racine u_1 comprise entre -1 et u_0, et une racine u_2 comprise entre u_0 et $+1$, la troisième u_3 étant entre $+1$ et $+\infty$. Dans le mouvement, u varie entre u_1 et u_2, c'est-à-dire que le point à la distance unité de O sur l'axe du gyroscope décrit, sur la sphère de rayon unité, une courbe comprise entre les deux

parallèles θ_1 et θ_2 ($\cos\theta_1 = u_1$, $\cos\theta_2 = u_2$). Si l'on montre que la précession

$$\Delta\psi = \int_{u_1}^{u_2} \frac{\beta - br_0 u}{(1-u^2)\sqrt{f(u)}}\, du$$

a le signe de r_0, il en résultera bien que la précession totale de l'axe de S pendant la période d'une nutation aura le signe de r_0. Or posons

$$\beta = br_0 c.$$

La valeur c est nécessairement comprise entre -1 et $+1$ puisque c'est le cosinus de l'angle θ qui correspond au parallèle sur lequel $\psi' = 0$.

Remarquons que :

$$f(u) \equiv a(u-u_1)(u_2-u)(u_3-u) \equiv (\alpha - au)(1-u^2) - b^2 r_0^2 (c-u)^2.$$

On peut écrire :

$$\frac{2\Delta\psi}{br_0} = \int_{u_1}^{u_2} \frac{(1+c)\, du}{(1+u)\sqrt{a(u-u_1)(u_2-u)(u_3-u)}} - \int_{u_1}^{u_2} \frac{(1-c)\, du}{(1-u)\sqrt{a(u-u_1)(u_2-u)(u_3-u)}} = J_1 - J_2.$$

Or, u variant entre u_1 et u_2, puisque $1+c > 0$, $1-c > 0$, on trouve

$$J_1 > \frac{1+c}{\sqrt{a(u_3-u_1)}} \cdot \frac{\pi}{\sqrt{(1+u_1)(1+u_2)}}, \qquad J_2 < \frac{1-c}{\sqrt{a(u_3-u_2)}} \cdot \frac{\pi}{\sqrt{(1-u_1)(1-u_2)}}.$$

Mais

$$f(+1) = -b^2 r_0^2 (1-c)^2 = -a(1-u_1)(1-u_2)(u_3-1),$$
$$f(-1) = -b^2 r_0^2 (1+c)^2 = -a(1+u_1)(1+u_2)(u_3+1).$$

D'où, finalement, en supposant $r_0 > 0$, ce que l'on peut toujours faire,

$$J_1 > \frac{\pi}{br_0}\sqrt{\frac{u_3+1}{u_3-u_1}}, \qquad J_2 < \frac{\pi}{br_0}\sqrt{\frac{u_3-1}{u_3-u_2}}$$

et, par suite,

$$2\Delta\psi > \pi\left[\sqrt{\frac{u_3+1}{u_3-u_1}} - \sqrt{\frac{u_3-1}{u_3-u_2}}\right].$$

Or nous savons que $u_3 + 1 > u_3 - u_1$, et $u_3 - 1 < u_3 - u_2$; donc $\Delta\psi > 0$.

On peut d'ailleurs compléter la démonstration en remarquant que l'on a de même

$$J_1 < \frac{\pi}{br_0}\sqrt{\frac{u_3+1}{u_3-u_2}}, \qquad J_2 > \frac{\pi}{br_0}\sqrt{\frac{u_3-1}{u_3-u_1}}.$$

Par suite,

$$0 < \frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{u_3+1}{u_3-u_1}}\left[1-\sqrt{\frac{u_3-1}{u_3+1}\times\frac{u_3-u_1}{u_3-u_2}}\right]$$
$$< \Delta\psi < \frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{u_3+1}{u_3-u_2}}\left[1-\sqrt{\frac{u_3-1}{u_3+1}\times\frac{u_3-u_2}{u_3-u_1}}\right].$$

Dans le cas où $c > 1$, on observe aussitôt que ψ' est toujours positif, et il en est de même de $\Delta\psi$; inversement si $c < -1$, la vitesse précessionnelle ψ' est constamment négative ainsi que $\Delta\psi$. Le mode de démonstration employé ci-dessus permet toutefois d'expliciter les limites supérieure et inférieure de variation de $\Delta\psi$ et d'écrire selon $c > 1$ ou $c < -1$:

$$0 < \frac{\pi}{2\sqrt{u_3-u_1}}\left[\sqrt{u_3+1}+\sqrt{u_3-1}\right] < \Delta\psi < \frac{\pi}{2\sqrt{u_3-u_2}}\left[\sqrt{u_3+1}+\sqrt{u_3-1}\right],$$

$$-\frac{\pi}{2\sqrt{u_3-u_2}}\left[\sqrt{u_3+1}+\sqrt{u_3-1}\right] < \Delta\psi < -\frac{\pi}{2\sqrt{u_3-u_1}}\left[\sqrt{u_3+1}+\sqrt{u_3-1}\right] < 0.$$

CINÉMATIQUE. — *Intégration avec une seule quadrature du mouvement de précession régulière.* Note de M. **Silvio Minetti**, présentée par M. Henri Villat.

1. Dans mes recherches sur la géométrie des holoespaces et sur ses liens avec la théorie des équations différentielles ordinaires ([1]) j'ai reconnu qu'il y a parfois avantage à avoir recours à une certaine interprétation géométrique des équations différentielles ([2]).

C'est ainsi que j'ai pu trouver, entre autre, un cas où l'intégration de l'équation de Riccati s'achève à l'aide d'une seule quadrature. Ce cas, bien simple, avait échappé à l'attention des analystes. Si

$$(1) \qquad y' = Ay^2 + By + C, \qquad y = y(x)$$

est une équation de Riccati, on pourra l'intégrer au moyen d'une seule

---

([1]) Voir *Verhandlungen des Int. Mathem. Kongress Zurich*, **2**, 1932, p. 69; S. Minetti, *Atti Reale Accademia d'Italia*, 4, estratto **17**, p. 483-587, et *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 221, 474, 637.

([2]) Plus précisément, l'interprétation actuelle consiste à envisager une courbe de l'holoespace ambiant, ayant pour équation une équation différentielle du premier ordre, comme enveloppe de ses tangentes et non comme lieu de ses points. Je vais exposer cette idée, en détail, dans un Mémoire prochain.

quadrature, à savoir $\int A\,dx$, toutes les fois qu'est satisfaite la condition

$$A'B - AB' + \frac{AB^2}{2} - 2A^2C = 0. \tag{2}$$

2. Cela posé, rappelons que le mouvement d'un corps solide autour d'un point fixe, lorsqu'on suppose connue la rotation p, q, r, rapportée au solide, se ramène comme il est classique, à l'équation

$$\frac{d\sigma}{dt} = \frac{q+ip}{2}\sigma^2 - ir\sigma + \frac{q-ip}{2}. \tag{3}$$

Dans ce cas la condition (2), en séparant le réel de l'imaginaire, devient

$$\begin{cases} 2[r\dot{p} - p\dot{r}] - q[p^2+q^2+r^2] = 0, \\ 2[q\dot{r} - r\dot{q}] - p[p^2+q^2+r^2] = 0. \end{cases} \tag{4}$$

Si, maintenant, on pose

$$\omega = \sqrt{p^2+q^2+r^2}; \qquad p = \omega\sin\theta\cos\varphi, \qquad q = \omega\sin\theta\sin\varphi, \qquad r = \omega\cos\theta, \tag{5}$$

on trouve aisément que les équations (4) deviennent

$$\theta = \text{const.}, \tag{6}$$

$$\omega = -2\cos\theta\dot{\varphi}. \tag{7}$$

D'après mon théorème, dès que les conditions (6), (7) sont vérifiées, l'équation (3) s'intègre par une seule quadrature.

Il est bien aisé de le constater. En effet, en introduisant dans le second membre de l'équation (3), au lieu de p, q, r, leurs valeurs (5), où ω est remplacée par la valeur (7) et en posant, en outre,

$$z = \sigma e^{-i\varphi}, \tag{8}$$

on parvient à l'équation

$$\frac{dz}{d\varphi} = -\frac{i}{2}\sin\theta\cos\theta[z^2 + 2\tan\theta\, z - 1] \tag{9}$$

qui, d'après la relation (6), est évidemment à variables séparées.

C. Q. F. D.

3. *Solutions particulières.* — On s'aperçoit, en particulier, que l'équation (9) admet deux solutions $z = z_0$, racines de l'équation

$$z^2 + 2\tan\theta\, z - 1 = 0, \tag{10}$$

z_0 est donc une quantité réelle dépendant de la valeur constante attribuée à θ. Et $\sigma = z_0 e^{i\varphi}$ est une solution de l'équation de Riccati (3).

4. *Interprétation cinématique.* — On peut maintenant se demander quels sont les types de mouvements qui correspondent à ce cas d'intégrabilité. Pour s'en rendre compte, il faut tout d'abord rappeler la signification géométrique de la fonction σ qui figure dans l'équation résolvante de Riccati (6). A ce but, remarquons que les cosinus directeurs α, β, γ d'une *direction fixe* Oz_1 (par rapport à nos axes liés au corps) peuvent être rattachés à une solution σ quelconque de l'équation (3) et, en conséquence, de la solution correspondante de l'équation équivalente (9), moyennant la relation

$$\sigma = \frac{\alpha + i\beta}{1 - \gamma} \quad (11)$$ [1].

Prenons en particulier la solution $\sigma = z_0 e^{i\varphi}$ et remplaçons dans la relation (11) α, β, γ par leurs expressions en coordonnées polaires $\bar{\theta}$ et $\bar{\varphi}$. On obtiendra

$$\frac{\sin\bar{\theta}}{1 - \cos\bar{\theta}} e^{i\bar{\varphi}} = z_0 e^{i\varphi}. \quad (12)$$

Si l'on exclut alors les deux cas banaux $\theta = 0$ et $\theta = \pi/2$, ce qui comporte que z_0 soit une constante différente de zéro, on en conclut (soit que $\varphi = \bar{\varphi}$, soit $\varphi = \bar{\varphi} + \pi$) que l'axe Oz fixé au corps, le vecteur rotation ω et la direction fixe Oz_1 demeurent dans un même plan π. De plus, ils forment entre eux des angles constants.

Cela posé, fixons pour un moment notre attention sur le mouvement vérifiant les relations (6) et (7) pour lequel ultérieurement ω demeure constante. On a alors affaire à un mouvement de précession régulière puisque le vecteur ω a des composantes constantes suivant Oz et Oz_1.

Lorsque, au contraire, ω n'est plus constante, mais varie d'une manière quelconque avec le temps, la précession cesse d'être régulière, mais l'allure géométrique du mouvement est toujours la même.

---

[1] Voir, par exemple, DARBOUX, *loc. cit.*, p. 30 et 31.

AÉRODYNAMIQUE. — *Turbulence atmosphérique.*
Note de M. **Simon De Backer**, présentée par M. Émile Borel.

Quand on étudie l'évolution macroscopique d'une masse d'air importante la turbulence y fait apparaître une viscosité et une diffusion macroscopiques toutes deux efficaces.

Considérons une masse d'air que nous supposons non visqueuse à l'échelle du laboratoire, et soient $v(u_1, u_2, u_3)$, p, ρ les variables habituelles d'Euler figurant dans les équations indéfinies (équations du mouvement complet)

$$(1) \qquad -\frac{\partial p}{\partial x_1} = -\rho X_1 + \rho \frac{du_1}{dt}, \qquad \ldots,$$

$$(2) \qquad \frac{\partial \rho}{\partial t} + \operatorname{div} \rho v = 0.$$

Nous utiliserons des moyennes prises au point $P(x_1, x_2, x_3)$ à l'instant t, du type A et du type B, définies dans un petit intervalle fixe de temps $\mathfrak{T}$ par

$$(3) \qquad \bar{\rho}\overline{\overline{A}} \equiv \frac{1}{\mathfrak{T}} \int_{t-\frac{1}{2}\mathfrak{T}}^{t+\frac{1}{2}\mathfrak{T}} \rho A \, dt,$$

$$(4) \qquad \overline{B} \equiv \frac{1}{\mathfrak{T}} \int_{t-\frac{1}{2}\mathfrak{T}}^{t+\frac{1}{2}\mathfrak{T}} B \, dt,$$

A et B étant des scalaires ou des vecteurs quelconques.

Nous appliquons à ρ et p des moyennes du type B et à $v(u_1, u_2, u_3)$ des moyennes du type A. Posons les définitions :

$$(5) \qquad A \equiv \overline{\overline{A}} + A', \qquad A' \equiv \overline{A'} + A'';$$

$$(6) \qquad B \equiv \overline{B} + B'.$$

Il s'ensuit que :

$$(7) \qquad \overline{\overline{A'}} = 0, \qquad A = \overline{\overline{A}} + \overline{A'} + A'', \qquad \overline{A''} = 0;$$

$$(8) \qquad \overline{B'} = 0.$$

en admettant toujours que toutes les moyennes avec simple ou double barre sont constantes dans l'intervalle $\mathfrak{T}$. Il en est de même pour $\partial\overline{B}/\partial t$ et nous

supposons de plus que

$$\frac{\partial \overline{B}'}{\partial t} = 0. \tag{9}$$

Ce sont là les seules hypothèses analytiques adoptées ici. Posons

$$\frac{\overline{d}}{dt} \equiv \overline{\overline{u}}_1 \frac{\partial}{\partial x_1} + \overline{\overline{u}}_2 \frac{\partial}{\partial x_2} + \overline{\overline{u}}_3 \frac{\partial}{\partial x_3} + \frac{\partial}{\partial t}. \tag{10}$$

En prenant convenablement la moyenne des équations (1) et (2) on trouve les équations du mouvement moyen

$$-\frac{\partial \overline{p}}{\partial x_1} = -\overline{\rho} X_1 + \overline{\rho} \frac{\overline{d}}{dt} \overline{\overline{u}}_1 + \operatorname{div}(\overline{\rho u'_1 v'}), \quad \ldots, \tag{11}$$

$$\frac{\partial \overline{\rho}}{\partial t} + \operatorname{div}(\overline{\rho} \overline{\overline{v}}) = 0. \tag{12}$$

Le tenseur de turbulence est

$$\mathfrak{U} \equiv \overline{\rho u'_i u'_j} = \overline{\rho} \overline{\overline{u'_i u'_j}} \qquad (\text{avec } i = 1, 2, 3; j = 1, 2, 3). \tag{13}$$

Nous démontrons que $\mathfrak{U}$ se décompose comme suit :

$$\mathfrak{U} = -\mathfrak{U}_1 + \mathfrak{U}_2 + \mathfrak{U}_3, \tag{14}$$

avec

$$\mathfrak{U} \equiv \overline{\rho} . \overline{u'_i} . \overline{u'_j}, \qquad \mathfrak{U}_2 \equiv \overline{\rho} . \overline{u''_i u''_j}, \qquad \mathfrak{U}_3 \equiv \overline{\rho' u''_i u''_j}. \tag{15}$$

Nous interprétons le sens physique du vecteur $\overline{v'}$ par les relations

$$-\overline{\rho} . \overline{v'} = \overline{\rho' v''} = \overline{\rho'_I v''_{II}} + \overline{\rho'_{II} v''_{II}}, \tag{16}$$

en distinguant au point P dans l'intervalle $\mathfrak{T}(t - 1/2\mathfrak{T},\ t + 1/2\mathfrak{T})$ les particules lourdes ($\rho'_I > 0$) et les particules légères ($\rho'_{II} < 0$), les vitesses affectées d'indices I et II transportant les particules correspondantes. On voit que $\overline{v'}$ est maximum lorsque l'échange massique est organisé au maximum, c'est-à-dire lorsque $\overline{\rho'_I v''_I}$ et $\overline{\rho'_{II} v''_{II}}$ ont même direction et même sens. Nous dirons que $\overline{v'}$ est le vecteur d'organisation de l'échange massique. Il est facile d'établir les inégalités

$$0 \leqq \frac{|\overline{v'}|}{\sqrt{\Sigma(\overline{u'_i})^2}} \leqq 1. \tag{17}$$

En tenant compte de cette notion, nous pouvons interpréter $\mathfrak{U}_1$ comme

le tenseur d'organisation de l'échange massique, $\mathfrak{U}_2$ comme le tenseur de turbulence cinématique pure, $\mathfrak{U}_3$ étant un tenseur de caractère mixte et d'importance moindre que le précédent, car l'ordre de grandeur de ρ' est au maximum $\overline{\rho}/100$ dans l'atmosphère libre.

En introduisant l'énergie cinétique de turbulence

$$\Theta' \equiv \Sigma(u'_i)^2, \tag{18}$$

nous avons trouvé à partir de (1), (2), (11), (12) que

$$\frac{\overline{d}}{dt}\overline{\overline{\Theta'}} = \frac{1}{\overline{\rho}}\overline{\overline{\rho u'_i \frac{du_i}{dt}}} - \overline{\overline{u'_i u'_j}} \frac{\partial}{\partial x_j}\overline{\overline{u_i}} \quad (^1), \tag{19}$$

cette formule exprimant que l'accroissement par unité de temps le long d'une trajectoire moyenne (vitesse $\overline{\overline{v}}$) de l'énergie cinétique moyenne de turbulence par unité de masse dépend : 1° de l'activation de l'échange massique par unité de masse en P à l'instant t; 2° du tenseur $\mathfrak{U}$ et des dérivées partielles d'espace de la vitesse moyenne $\overline{\overline{v}}$.

Toutes ces considérations ne font appel à aucune hypothèse physique restrictive (sauf viscosité microscopique nulle) en n'excluant donc ni la conductibilité et le rayonnement thermiques, ni la variabilité de la composition chimique de l'air (tenseur en vapeur d'eau).

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur les lignes d'émission.* Note de M. D. RIABOUCHINSKY, présentée par M. Henri Villat.

En discutant le problème des lignes d'émission, on met quelquefois ([2]) à la base du raisonnement les équations

$$x = f(a, b, c, t), \qquad y = f_1(a, b, c, t), \qquad z = f_2(a, b, c, t),$$

a, b, c, t étant les variables de Lagrange. Il est cependant préférable de faire figurer explicitement, dès le début de la discussion, l'instant t_0 du passage du point fluide (x, y, z) par le point d'émission $E(a, b, c)$,

$$x = f(a, b, c, t_0, t), \qquad y = f_1(a, b, c, t_0, t), \qquad z = f_2(a, b, c, t_0, t). \tag{1}$$

Pour tracer une ligne d'émission à l'instant t, il faut faire varier, dans les équations (1), t_0 de la valeur finale $t_0 = t$ à la valeur initiale $t_0 = t_1$; on

---

(1) Il faut faire la sommation des indices répétés deux fois dans chaque terme.

(2) PRANDTL et TIETJENS, *Hydro and Aerodynamik*, Berlin, 1, 1929, p. 68.

obtient ainsi le lieu géométrique de toutes les particules fluides qui auront passé, dans l'intervalle de temps (t_1, t), par E. Si le point E est mobile, a, b, c sont fonction de t_0. Supposons, par exemple, que le point d'émission décrive un cercle de rayon r, avec une vitesse angulaire uniforme ω, dans un courant plan de vitesse uniforme U, parallèle à l'axe OX,

$$(2) \qquad x = \mathrm{U}(t - t_0) + r\cos\omega t_0, \qquad y = r\sin\omega t_0.$$

Les lignes de courant et les trajectoires sont des droites parallèles à l'axe Ox, la ligne d'émission une cycloïde.

Appliquons ces remarques à l'interprétation des lignes d'émission des figures 1 et 2, que nous avons obtenues en 1931, avec le Stroborama, en

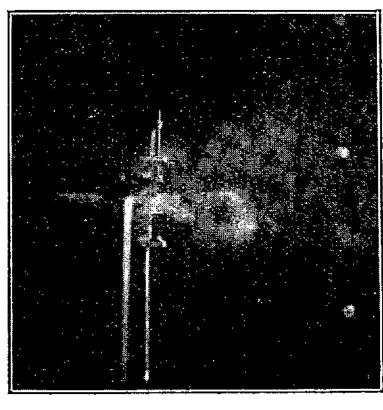


Fig. 1.

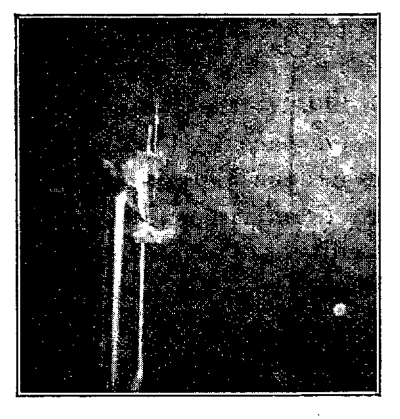


Fig. 2.

plaçant un tube émetteur de fumée au-devant d'une plaque biseautée en autorotation dans le courant de 8 m/s d'une soufflerie. Le dispositif employé est représenté schématiquement sur la figure 3, sauf que, dans l'expérience d'autorotation, le pendule C était enlevé.

L'explication de ce phénomène autorotatoire, que j'avais proposée (¹) est la suivante : l'angle θ, qui fait la direction du courant à l'infini avec la plaque, variant de 0 à $\pi/2$ (quadrant a), la courbure des lignes de courant du mouvement relatif dans le voisinage du bord d'attaque *fuyant le vent*, et la dépression qui en résulte, sont, en général, plus grandes que dans le voisinage du bord d'attaque *avançant à l'encontre du vent*, θ variant de $\pi/2$ à π (quadrant b). J'ai aussi établi (²) un certain lien entre ce phénomène

(¹) *Bull. Inst. aérodynam. de Koutchim*, fasc. III, 1909, p. 44; fasc. V, 1914, p. 89.

(²) *C. R., Vᵉ Congrès intern. de la navigation aérienne*, La Haye, 1930, p. 522.

autorotatoire et les singularités que l'on observe dans le voisinage de l'angle critique de Rateau du plan incliné.

Dans le quadrant *a* il n'y aura en général qu'un seul *bord de fuite* et la circulation est calculable par le procédé *de l'élimination de la vitesse infinie;* dans le quadrant *b* le fluide se détachera simultanément le long des deux bords en formant un sillage et l'on pourrait, peut-être, faire intervenir

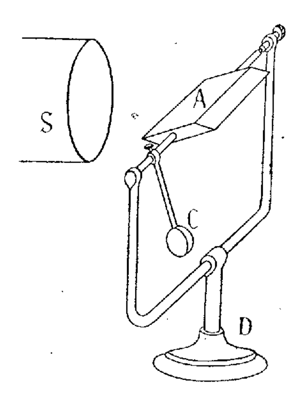


Fig. 3.

dans ce cas une plaque symétrique fictive, des surfaces de glissement et une circulation inversée.

L'explication rappelée plus haut m'a conduit à mettre en évidence : 1° l'influence du biseautage de la plaque sur l'augmentation du couple et de la vitesse autorotatoires; 2° le fait que la vitesse des bords de la plaque en autorotation est toujours inférieure à la vitesse du courant; 3° les oscillations autour de la position horizontale, entretenues par le courant d'une soufflerie S, de la plaque biseautée A, munie du pendule B (*fig.* 3).

Cette explication est aussi confirmée par la forme des lignes d'émission des figures 1 et 2 et les photographies publiées par M. A. Lafay ([1]). Dans le quadrant *a* (*fig.* 1) les points du bord de fuite peuvent être considérés comme points d'émission et les formules (2) appliquées en première approximation. La partie *cycloïdale* des lignes d'émission des figures 1 et 2 peut être ainsi interprétée. La spirale terminant ces lignes est déterminée par le mouvement tourbillonnaire du régime du quadrant *b* (*fig.* 2).

([1]) *La photographie du vent*, Paris, 1911, p. 10-11; *Publications scientifiques et techniques du Ministère de l'Air*, n° 21, 1933, p. 16.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Sur le rôle des peroxydes dans le cognement des moteurs à essence.* Note de M. **Max Serruys**, présentée par M. E. Jouguet.

Nous avons voulu reprendre, avec l'aide de M. Tchang Te-Lou, l'expérience au cours de laquelle celui-ci a obtenu la disparition du cognement en portant à 150° la chemise d'eau du moteur, mais sous une forme un peu différente, en partant de l'hypothèse de la destruction totale des peroxydes à 300° mentionnée par M. P. Dumanois (¹).

Le mode opératoire était le suivant :

De l'air était chauffé à une température de 400° à 500° et introduit perpendiculairement dans la canalisation d'admission d'un moteur monocylindrique par quatre orifices de petit diamètre (4^{mm}) entre le carburateur et le cylindre de manière à se mélanger intimement à l'air surcarburé qui était aspiré d'autre part à travers ledit carburateur. La distance entre ce dernier (qu'il fallait éviter de chauffer) et l'arrivée d'air chaud était de 250^{mm}; la distance entre celle-ci et un thermomètre, placé de manière à mesurer la température du mélange réchauffé, de 70^{mm} et la distance entre ce thermomètre et la soupape d'admission de 40^{mm} environ.

Le moteur, muni de bougies froides, était refroidi par une circulation d'eau à grande vitesse à 60° et tournait à 650 t/m environ. Dans ces conditions le moteur était nettement sous-alimenté et cognait légèrement avec une avance à l'allumage de 20° pour une température d'admission de 250° en fournissant un couple moteur de 5^{kgm} environ au lieu du couple normal de $7^{kgm},500$ à froid.

En réduisant l'admission, la température a pu être poussée à 310°; le moteur ne fournissait plus alors qu'un couple de $4^{kgm},500$ mais cognait plus fortement qu'à 250° et très régulièrement malgré la compression peu élevée de 5,54/1.

En coupant l'allumage, le moteur s'arrêtait après avoir produit quelques explosions accompagnées de détonations clairsemées; en le rétablissant, le cognement se produisait à nouveau régulièrement.

Dans ces conditions, et pour autant que la température de 310° soit réellement supérieure à la température de formation des peroxydes, ceux-ci auraient été complètement éliminés de la charge gazeuse sans que

(¹) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 393.

la détonation ait cessé de se produire malgré la faible compression volumétrique et la faible charge du moteur. *Il en résulterait à notre avis que les peroxydes ne sont pas la cause unique de la détonation, mais seulement un élément favorable à son apparition.*

Ce résultat étant en contradiction apparente avec les conclusions de l'expérience de M. Dumanois nous avons cru trouver la cause de cette divergence de vues dans notre Note du 10 juillet 1933.

Nous avons exposé, en effet, dans cette Note, comment l'auto-allumage par point chaud pouvait faire disparaître le cognement, par un effet analogue à celui d'une avance à l'allumage exagérée, la combustion étant terminée sensiblement avant le point mort haut, et nous avons donné un diagramme enregistré dans de telles conditions. Peut-être est-ce un fait analogue qu'a constaté M. Dumanois.

Cette opinion s'était confirmée par le fait que, dans notre cas, une avance exagérée a permis de faire disparaître aisément le cognement.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Un monochromateur à grand champ utilisant les interférences en lumière polarisée.* Note de M. **Bernard Lyot**, présentée par M. Charles Fabry.

L'appareil que nous allons décrire très sommairement permet d'observer simultanément les différents points d'une source lumineuse étendue, en laissant passer une région étroite quelconque de son spectre et sans perdre beaucoup de lumière. Ces propriétés le rendent supérieur aux meilleurs écrans colorés et permettent de le substituer, avec avantage, au spectroscope à plusieurs fentes, au spectrohélioscope et au spectrohéliographe.

Le principe de cet appareil est le suivant :

La lumière de la source traverse successivement une série de polariseurs dont les sections principales sont croisées. Entre chaque polariseur et le suivant est placée une lame cristalline de spath ou de quartz, par exemple, taillée parallèlement à l'axe optique. Les sections principales de ces lames forment des angles de 45° avec celles des polariseurs. Chacune d'elles a une épaisseur double de la précédente (¹).

(¹) Mascart, puis Fabry et Perot avaient utilisé le spectre cannelé produit par une seule lame de quartz parallèle à l'axe, pour éteindre à volonté chacune des deux raies D du sodium (Mascart, *Annales scientifiques de l'École Normale supérieure*, 3, 1874, p. 395; Fabry et Perot, *Comptes rendus*, 130, 1900, p. 653).

Négligeons d'abord la dispersion des lames cristallines et les pertes de lumière par réflexion. La vibration d'amplitude A, qui sort du 1[er] polariseur, est décomposée par la lame la plus mince en deux vibrations rectangulaires d'amplitude $A/\sqrt{2}$, présentant une différence de marche δ. Le 2[e] polariseur les rend parallèles et réduit leur amplitude à $A/2$. Après la 2[e] lame et le 3[e] polarisateur nous avons, de même, 4 vibrations d'amplitude $A/4$, présentant des retards $0, \delta, 2\delta, 3\delta$. Soit n le nombre des lames; à la sortie du monochromateur nous aurons 2^n vibrations parallèles d'amplitude $A/2^n$ et présentant des retards $0, \delta, 2\delta, \ldots, (2^n-1)\delta$. Le spectre de la lumière résultant de leurs interférences consiste en un petit nombre de bandes dont l'amplitude au centre est A et la largeur totale $2\lambda/2^n\delta$. Elles sont distantes de λ/δ et encadrées par quelques maxima secondaires faibles. La dispersion des lames a pour effet de rapprocher les maxima et de les rendre plus fins dans le rapport $1-(\lambda/n_e-n_0)\,d(n_e-n_0/d\lambda$.

L'épaisseur de la lame la plus mince sera choisie assez faible pour qu'on puisse isoler facilement une seule bande avec un écran coloré; le nombre de lames dépendra de la largeur de la portion de spectre qu'on veut isoler.

Réalisé sans précautions spéciales, cet appareil présenterait de graves inconvénients que nous éviterons de la manière suivante :

Lames biréfringentes. — La biréfringence des lames cristallines varie très rapidement lorsque l'on s'écarte de la normale aux faces, soit dans le plan de l'axe optique, soit dans le plan perpendiculaire. Dans les deux cas, les variations sont inverses. Ces variations qui limiteraient beaucoup le champ du monochromateur seront compensées, en grande partie, en remplaçant la lame d'épaisseur e par 2 lames d'épaisseur $e/2$ superposées de telle manière que leurs axes optiques soient rectangulaires. Pour que leurs biréfringences s'ajoutent au lieu de se retrancher, on intercale une lame demi-onde dont la section principale forme, avec leurs axes optiques, des angles de 45°. Les courbes isochromatiques de cet ensemble sont des cercles beaucoup plus grands que les cercles inscrits dans les hyperboles données par la simple lame. On obtient un champ encore plus grand en taillant les lames dans un cristal biaxe, parallèlement aux axes optiques. Soient n_1, n_2, n_3 ses indices principaux. La biréfringence δ de la double lame sous l'incidence i est liée à la biréfringence normale δ_n par la formule $\delta=\delta_n(1+Ki^2)$, avec $K=(n_2^2-n_1n_3)/\,n_2^2n_3$.

Pour le spath, $K=+0,0104$; pour le quarts $K,=-0,0006$.

Une deuxième solution intéressante consiste à tailler les deux lames dans deux cristaux, uniaxes par exemple, de signes différents. Leurs axes

optiques doivent être parallèles et la lame demi-onde doit être supprimée. Le rapport des épaisseurs est tel que les surfaces isochromatiques soient circulaires. L'ensemble convient dans un domaine spectral étendu. Dans le cas d'une lame spath et quartz, l'épaisseur du quartz doit être 17,5 fois celle du spath et le coefficient K est 0,0055.

La biréfringence de l'ensemble sera rendue variable dans les limites de quelques longueurs d'onde en taillant, par exemple, les deux lames légèrement prismatiques et en déplaçant l'une d'elles. Un index et une règle graduée donneront la biréfringence.

Polariseurs. — Les polariseurs pourront être du type Glazebrook. Le fort astigmatisme qu'ils introduisent sur des faisceaux de lumière convergente sera éliminé en croisant leurs sections principales.

Disposition générale de l'appareil. — Pour diminuer les pertes de lumière par réflexion et la diffusion par les nombreuses surfaces optiques, les polariseurs et les lames biréfringentes sont immergés dans un liquide transparent contenu dans deux tubes placés à la suite l'un de l'autre. L'objectif d'une lunette donne une image de la source sur une lentille convergente qui précède le premier tube. Cette lentille forme une image de l'objectif entre les deux tubes. Un objectif symétrique, placé à cet endroit donne une deuxième image de la source au centre du second tube, sur une lentille convergente qui fait passer tous les rayons à travers un objectif placé à la suite du dernier tube. Celui-ci forme l'image monochromatique définitive. Le faisceau lumineux garde ainsi un diamètre constant d'un bout à l'autre du monochromateur et le champ est très étendu.

Tout l'appareil est contenu dans un thermostat pour éviter les variations de la longueur d'onde du monochromateur avec la température qui sont, par degré centigrade, de 0,4 Å pour le spath et 0,6 Å pour le quartz.

Un appareil de ce type est en construction. Il comportera 7 lames spath-quartz et 2 lames quart-quartz. La plus épaisse sera constituée par $3^{mm},63$ de spath e $63^{mm},76$ de quartz. Il isolera dans le vert, une bande spectrale de largeur moyenne 1Å en utilisant environ, le quart de la lumière. Il aura une ouverture utile de 18^{mm} et donnera un champ de 6°. Il sera utilisable sans modification entre 3800 et 20000 Å.

Ce monochromateur permettra, par exemple, d'obtenir des photographies détaillées de la couronne solaire en dehors des éclipses, avec la lumière de ses raies brillantes. Il permettra également d'étudier visuellement ou au moyen de films cinématographiques accélérés les mouvements de l'atmosphère solaire : plages faculaires, filaments et protubérances.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur les processus de matérialisation complexes.* Note de M. L. **Goldstein**, présentée par M. L. de Broglie.

On sait que la théorie de l'électron de Dirac conduit à prévoir la création de paires d'électrons (matérialisation) lorsqu'un photon ou un corpuscule chargé, d'énergie convenable, tombe sur un centre matériel chargé. Oppenheimer et Plesset, et indépendamment Peierls (¹), ont pu ainsi calculer la probabilité pour qu'un photon d'énergie supérieure à $2mc^2$ crée une paire d'électrons en tombant sur un noyau lourd de charge Ze.

Le calcul de la probabilité de matérialisation en question se ramène au calcul de la probabilité d'un effet photo-électrique que des électrons d'énergie *négative* sont susceptibles de subir s'ils se trouvent sur un niveau d'énergie négative continu du spectre des valeurs propres de l'équation de Dirac relative au champ d'un noyau lourd de charge Ze.

Si l'on considère un *atome* au lieu d'un noyau dénudé on conçoit qu'en dehors de ces processus simples où un seul électron d'énergie négative prend part il peut y avoir des processus complexes où *un* électron d'énergie négative et *un* ou *plusieurs* électrons atomiques sont intéressés. Ces derniers processus constitueraient une généralisation de ceux que nous avons étudiés récemment (²) où seuls des électrons d'énergie positive jouaient un rôle dans les cadres de la Mécanique quantique non relativiste. Nous voudrions étudier ici le processus de matérialisation complexe suivant : un photon *d'énergie supérieure à* $2mc^2$ tombe sur un système formé d'un atome hydrogénoïde et d'un électron d'énergie négative apparenté à l'atome, après l'absorption du photon l'atome est ionisé, l'électron d'énergie négative se trouve sur un niveau d'énergie positive, donc il y a eu matérialisation. Pour évaluer ou, mieux, pour *estimer* la probabilité de ce processus remarquons que l'on est ici en présence d'un problème à plusieurs électrons relativiste que les moyens théoriques actuellement disponibles ne permettent pas de traiter rigoureusement. Néanmoins, il ne nous semble pas sans intérêt de chercher à estimer, au moins, la probabilité du processus en

---

(¹) J. R. Oppenheimer et M. S. Plesset, *Phys. Rev.*, **44**, 1933, p. 53. Cf. aussi W. H. Furry et J. F. Carlson, *ibid*, p. 237; P. A. M. Dirac, *Rapport au Congrès Solvay*, 1933.

(²) L. Goldstein, *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 777; **197**, 1933, p. 304, et *Journ. Phys. Rad.*, 7ᵉ série, **4**, 1933, p. 580.

question en extrapolant les méthodes non relativistes au présent problème.

On se rend compte aisément de ce que si l'on décrit le système atome plus électron d'énergie négative apparenté à l'atome à l'aide d'une fonction d'onde d'approximation d'ordre zéro :

$$\Psi_0^i = \psi_n^+(\vec{r})\,\Psi_{\mathrm{W}}^-(\vec{\mathrm{R}}), \tag{1}$$

l'indice i se rapportant à l'état initial du système, ψ_n^+ est la fonction d'onde normalisée de l'électron atomique, ψ_{W}^- celle de l'électron d'énergie négative apparenté à l'atome; cette fonction ψ_0^i exclut la possibilité du processus complexe en question au cas où l'on se limite dans le calcul au premier terme d'une méthode d'approximation successive appliquée à l'équation d'onde du système matériel + photon incident. Pour obtenir une probabilité non nulle de l'effet considéré en se limitant toujours au premier terme de la méthode d'approximation, on doit tenir compte du couplage de l'électron atomique et de l'électron d'énergie négative, couplage qui a un sens très précis, mais que, faute de place, nous ne pouvons pas discuter ici. Ce couplage fait apparaître, en extrapolant au présent problème la théorie des perturbations non relativistes, des termes d'approximation dans la fonction d'onde du système à côté de la fonction (1) et dont le premier sera

$$\Psi_1^{(i)} = \sum_{n'\mathrm{W}'} c_{n'\mathrm{W}'}^{(1)}\,\psi_{n'}^+(\vec{r})\,\Psi_{\mathrm{W}'}^-(\vec{\mathrm{R}}), \tag{2}$$

où la sommation symbolise simultanément des sommations et des intégrations sur tous les niveaux discrets et continus du système *non perturbé*, les coefficients de couplage $c_{n''\mathrm{W}''}^{(1)}$ étant définis par

$$c_{n''\mathrm{W}''}^{(1)} = (\mathrm{E}_{n\mathrm{W}} - \mathrm{E}_{n''\mathrm{W}''})^{-1}\int \overline{\psi_{n''}^+(\vec{r})\,\psi_{\mathrm{W}''}^-(\vec{\mathrm{R}})}\,\mathrm{V}(\vec{r},\vec{\mathrm{R}})\,\psi_n^+\psi_{\mathrm{W}}^-\,d\tau_r\,d\tau_{\mathrm{R}}, \tag{3}$$

$\mathrm{E}_{n'''\mathrm{W}'''}$ désigne l'énergie totale du système non perturbé dans l'état $(n'''\mathrm{W}''')$, $\mathrm{V}(\vec{r},\vec{\mathrm{R}})$ représente l'énergie d'interaction des deux électrons où la partie coulombienne prédomine ici aussi. Les fonctions Ψ_1^i conduisent sous l'action d'un photon, ou d'un électron, à des transitions amenant l'état final indiqué plus haut et ceci conformément aux théorèmes de conservation. La théorie esquissée ici conduit à représenter la probabilité de processus cherchée par une superposition des probabilités de transitions *individuelles* ou *simples* et qui se trouvent affectées de facteurs du type $|c_{n''\mathrm{W}''}^{(1)}|^2$ qui

réduisent, en général, l'ordre de grandeur des probabilités de processus simples. Bref, *la probabilité de la création de paires d'électrons et d'ionisation simultanée par un photon ou électron d'énergie convenable lors de l'absorption du premier par un atome, ou le choc du second contre celui-ci, a une valeur finie quoique inférieure à la probabilité de créations paires sur un noyau lourd.*

Le processus considéré ici pourrait être rapproché de celui étudié récemment par F. Perrin [1] et, où la création de paires se fait lors de l'interaction d'un photon ou d'électron d'énergie convenable avec un électron *libre*. Malgré l'intérêt évident que présenterait cette comparaison nous ne pouvons pas y insister ici mais voudrions la réserver pour un travail ultérieur.

ÉLECTRICITÉ. — *Piles sèches à électrolyte solide radioactif et air ionisé.* Note de M. **L. Bouchet**, présentée par M. A. Cotton.

De toutes les piles que j'ai montées, en variant soit la nature des métaux constituant les électrodes, soit en employant divers sels radioactifs, je ne considérerai que celle-ci : elle comprend deux disques épais, l'un de zinc, l'autre de laiton; le disque de zinc est creusé d'une cavité circulaire de $0^{mm},3$ à $0^{mm},4$ de profondeur, le laiton porte à sa périphérie une gorge circulaire d'une profondeur de 2^{mm} environ et dont le diamètre intérieur est inférieur au diamètre de la cavité. Les deux disques sont séparés par une couronne de mica de $0^{mm},3$ à $0^{mm},4$ d'épaisseur, mais de telle façon que la gorge creusée dans le laiton déborde par moitié (1^{mm} environ) la couronne de mica. La matière active finement pulvérisée (azotate d'urane) remplit la cavité, enfin l'ensemble est noyé dans l'ozokérite.

État statique. — Les mesures des forces électromotrices de la pile décrite ci-dessus ont été faites pendant plusieurs années consécutives par la méthode classique d'opposition à l'aide d'un galvanomètre dont la sensibilité a varié mais qui permettait toujours d'apprécier 5.10^{-8} ampère.

La première mesure effectuée, quatre jours après le montage de la pile, a donné $0^{v},651$; pendant les six premiers mois suivants on a noté les résultats plusieurs fois par jour, en ayant soin de relever chaque fois les températures (lesquelles ont varié pendant ce temps entre 0° et 21°). Les valeurs

(1) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 1100 et 1302.

trouvées ont été comprises entre $0^v,610$ et $0^v,700$, le plus souvent entre $0^v,65$ et $0^v,68$, puis elles se sont fixées à $0^v,54$. Cette tension s'est maintenu constante à 2 pour 100 près jusqu'à la dernière mesure.

État dynamique. — Après avoir constaté, six mois après le montage de la pile, la baisse manifeste de sa force électromotrice, je l'ai mise en court circuit sur le galvanomètre d'une résistance de 120 ohms. Cette opération répétée plusieurs fois pendant les huit années d'études a toujours fourni les mêmes résultats qualitatifs : comme dans le cas des piles à un seul liquide la force électromotrice décroît, mais après l'isolement de la pile la polarisation disparaît lentement et au bout d'un certain temps la tension dépasse notablement la valeur qu'elle avait avant le court circuit. Quant à l'intensité, appréciée par le déplacement du spot, elle décroît tout d'abord pour croître beaucoup puis finalement décroît; de la sorte, j'ai pu estimer à quelques mégohms la résistance de la pile.

L'interprétation de ces faits pourrait être cherchée en invoquant diverses causes : altération des surfaces, formation de couche double, etc. Quoi qu'il en soit, on peut envisager, pour ce genre de piles, une application dans le cas où elles n'auraient pas à débiter et où l'on n'aurait pas besoin d'une grande précision.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur la décharge produite par la superposition d'un champ constant et d'un champ de haute fréquence.* Note de Mlle **M. Chenot**, présentée par M. A. Cotton.

Dans les lampes émettrices des stations radiotélégraphiques on observe parfois des décharges brusques qui cessent après un temps très court. Ces décharges gênantes sont appelées effet Rocky-Point, du nom de la station américaine où on les a observées pour la première fois. Elles deviennent rares après un certain temps de fonctionnement des tubes.

Au cours de travaux sur la décharge en haute fréquence, nous avons été conduit à observer des effets analogues lorsque nous superposions à la tension alternative entre électrodes une différence de potentiel constante.

Un tube de verre a 46^{cm} de longueur, 2^{cm} de diamètre intérieur; il est muni de deux électrodes, ce sont des disques d'aluminium de $1^{cm},8$ de diamètre, à une distance de 30^{cm} l'un de l'autre. L'électrode devant servir de cathode est fixée sur le bouchon d'un rodage. Ces électrodes sont r cliées

à un résonateur couplé à un oscillateur à deux lampes E_4. On intercale au milieu du circuit du résonateur un condensateur de capacité beaucoup plus grande que la capacité des électrodes; ses armatures sont reliées aux pôles d'une machine à courant continu qui établit ainsi une différence de potentiel constante entre les électrodes. Un milliampèremètre est intercalé sur le circuit de la machine. On constate de temps en temps de brusques décharges, la résistance du tube au passage du courant continu devient alors si faible qu'il est nécessaire de protéger le milliampèremètre par une résistance en série.

On vide le tube jusqu'à une pression de l'ordre du millième de millimètre de mercure. Pour une fréquence correspondant à une longueur d'onde de $4^m,20$, la colonne lumineuse uniforme au milieu du tube est séparée des électrodes par des espaces sombres. Le milliampèremètre n'accuse pas de débit sensible. Si l'on applique alors une différence de potentiel constante de 750 volts, la lueur est repoussée par la cathode, des points lumineux très brillants apparaissent de façon irrégulière sur cette électrode et sont accompagnés d'une brusque déviation du milliampèremètre. Le tube est alors traversé pendant un temps très court par un courant intense et l'interruption de ce courant ne nécessite aucune intervention extérieure; au moment où il se produit, le tube tout entier paraît plus lumineux et la lueur atteint l'anode. Lorsque le tube a fonctionné quelque temps, ces décharges apparaissent à intervalles de plus en plus longs et finalement deviennent très rares.

En déposant un peu de craie sur la cathode, on les obtient de nouveau. On distingue nettement sur le fond de l'espace sombre le faisceau cathodique qui part du dépôt de craie et rejoint la colonne lumineuse; la craie est peu à peu arrachée de la cathode. Si l'on nettoie l'électrode, le phénomène ne se produit pas; il semble donc causé, dans le cas où l'on utilise l'électrode nue, par des impuretés; ceci expliquerait sa disparition par élimination progressive des impuretés voisines de la surface du métal.

En substituant l'oxyde de thorium à la craie, l'aspect est plus brillant et le caractère explosif de la décharge mieux marqué. A partir d'un point lumineux sur la cathode on observe, outre le faisceau cathodique, de petites lignes brillantes très fines qui se réfléchissent sur les parois du tube et semblent être les trajectoires de minuscules parcelles incandescentes.

Tous ces caractères permettent de rapprocher ce genre de décharge de celles qui ont été signalées dans des conditions expérimentales différentes

par Wood, Coolidge et Langmuir [1]. Il ressemble beaucoup à l'effet Rocky-Point tel que Gossling [2] le décrit.

Quelques théories de cet effet ont été proposées; mais, ainsi que l'indique Gossling, aucune n'en rend parfaitement compte. Il convient de remarquer que dans les lampes une tension alternative de haute fréquence est superposée à une tension continue. On peut admettre qu'à ces hautes fréquences les ions positifs présents dans le gaz du tube, à cause de leur grande masse, oscillent autour d'une position moyenne sous l'action du champ de haute fréquence et ne provoquent pas, par leur migration, de chute de tension cathodique; le champ continu ajoute à cette oscillation un mouvement de translation continu qui augmente la densité des charges spatiales positives au voisinage de la cathode, ce qui produit une chute de tension cathodique et un champ intense près de cette électrode. La décharge brusque supprime la charge positive et le champ près de la cathode.

Pour une longueur d'onde d'environ 1200^m et une cathode à oxyde de thorium, les décharges brusques sont encore nombreuses, mais très inégales comme intensité. Quelques-unes sont très violentes; le tube est un instant beaucoup plus lumineux, et la colonne lumineuse est coupée en larges stratifications semblables à celles que l'on voit dans les tubes de Geissler. On obtient ces fortes décharges pour les plus grandes ionisations par la décharge alternative.

A plusieurs reprises, à cette fréquence peu élevée, sans pouvoir en préciser la cause, nous avons eu l'occasion d'observer non plus des décharges très courtes, mais stables pendant un temps de l'ordre de la minute; un gros point brillant luisait sur la cathode et une vive fluorescence se manifestait sur la paroi du tube. Cette décharge continue s'éteignait spontanément et il ne restait que la décharge alternative. Les taches de fluorescence sur la paroi des tubes et l'apparition des points brillants pouvant durer une ou plusieurs minutes s'observent également dans l'effet Rocky-Point des lampes d'émission.

---

(1) K. T. Compton et I. Langmuir, *Rev. of Mod. Physics*, 2, 1930, p. 161 et 167.
(2) B. S. Gossling, *Journal I. E. E.*, 71, 1932, p. 460.

ÉLECTRICITÉ. — *Effet de pointe et détection cristalline.*
Note de MM. E. **Cabanel** et J. **Cayrel**, présentée par M. Paul Janet.

1. L'influence de la forme de l'électrode métallique dans la détection cristalline a donné lieu à des controverses. Tandis que la majorité des auteurs attribuaient surtout la rectification à la différence de nature du métal et du cristal, certains d'entre eux [1] voyaient, au contraire, la cause de la détection dans la différence de courbure des électrodes (effet de pointe).

Dans ce qui suit, nous avons cherché à déterminer l'influence propre de la courbure de l'électrode métallique sur la rectification de la *galène sensible*.

Les conditions essentielles d'une expérimentation correcte étaient :

a. D'employer des cristaux *très sensibles sur toute leur surface*.

b. De comparer la détection de deux électrodes métalliques de courbures différentes et de même nature pour une même région de la surface du cristal et *pour une même résistance électrique du contact métal-cristal*.

Si l'on opère, en effet, sous une même force pressante, on obtiendra une plus grande résistance de contact pour l'électrode de plus grande courbure, et les résultats ainsi obtenus *ne seront pas comparables*, car l'influence de la résistance r_0 du contact sur l'intensité I_m du courant rectifié est considérable [2]. C'est précisément faute d'avoir été réalisées *à résistance égale* que la plupart des expériences faites sur la question sont dénuées de signification précise.

c. Pour mesurer la résistance du contact, il faut utiliser un courant assez faible pour ne la point modifier. Quand I et V tendent vers zéro, la résistance du contact tend vers une limite r_0 que l'on détermine par intrapolation. La tension continue utilisée pour la mesure de r_0 était de 1,8 mV et l'intensité correspondante de l'ordre du μA.

2. Les électrodes comparées étaient *la tête et la pointe d'une épingle*

---

(1) En particulier G. G. Reiszaus, *Phys. Zeit.*, 29, 1928, p. 223.

(2) On a en désignant par g la résistance du galvanomètre monté en série avec le contact, par V_{eff} la valeur efficace de la tension alternative appliquée au système, et par σ une constante caractérisant la sensibilité du contact :

$$I_m = \frac{\sigma r_0^2 V_{eff}^2}{(r_0 + g)^3}$$

(J. Cayrel, *Société française de Physique*, 1927; Bulletin 249).

nickelée [1]. On déterminait le rapport :

$$X = \frac{\text{courant rectifié pointe}}{\text{courant rectifié tête}}$$

à r_0 constant, pour des tensions efficaces aux bornes du contact de 20, 200, 1500 mV à la fréquence de 50 sec^{-1}.

Les propriétés des meilleures galènes variant d'un point à l'autre d'un même cristal, on déterminait X par des moyennes établies généralement à l'aide de trente mesures pour la pointe et de trente mesures pour la tête.

Le mode opératoire était le suivant : on commençait par ajuster r_0 à la valeur choisie (2000 ohms) en agissant sur la pression de contact; on déterminait I_m; enfin on recommençait la mesure de r_0 afin de s'assurer que le contact n'avait subi pendant la mesure de I_m aucune modification irréversible importante.

On trouvera dans le tableau ci-après les résultats des mesures pour deux des meilleures galènes naturelles étudiées et pour un échantillon de sulfure de plomb synthétique du commerce :

	V = 20 mV.	V = 200 mV.	V = 1500 mV.	Sensibilité [2] (pointe).
Galène naturelle n° 1 (magma cristallin)...	$X = 1,55$	$X = 4,20$	$X = 2,00$	$\sigma = 10,5\,\rho^{-1}$
Galène naturelle n° 2 (magma cristallin)...	$X = 1,45$	$X = 1,80$	$X = 1,80$	$\sigma = 10,6\,\rho^{-1}$
Sulfure de plomb synthétique (microcristaux).............	$X = 1$	$X = 1,10$	$X = 1,30$	$\sigma = 5\,\rho^{-1}$
Ordre de grand^r de I_m.	1 μA	1 mA	10 mA	

3. Du tableau précédent et de l'ensemble de nos observations, il résulte que :

1° L'emploi d'une pointe aiguë au lieu d'une électrode grossièrement sphérique de $1^{mm},7$ de diamètre *multiplie le courant rectifié par un facteur compris entre* 1 *et* 4, qui est plus grand pour les courants intenses que pour les très faibles courants.

2° L'action favorable de la pointe est plus marquée pour les galènes à grosses facettes que pour les galènes à grain fin.

---

(1) D'autres mesures faites avec des épingles d'acier non nickelé et des épingles de laiton n'ont pas permis de mettre en évidence une influence appréciable de la nature du métal à r_0 constant.

(2) $\sigma = 1/r_0 (dr/d\rho)_{\rho=0}$ (CAYREL, *loc. cit.*).

3° Aucune inversion semblable à celles signalées par Reiszaus n'a été obtenue même en appliquant l'angle d'un cristal contre une plaque métallique polie. La sensibilité médiocre ou inégalement répartie des galènes expérimentées par Reiszaus était vraisemblablement la cause des anomalies observées par cet auteur. Mlle Collet [1] a montré en 1921 que les galènes dites non sensibles présentent une rectification inverse de la rectification normale. Il est probable que chez les cristaux *à polarité hésitante* le facteur formé détermine *alors* le sens de la rectification, comme cela arrive avec deux électrodes de même nature.

4° Indépendamment de toute théorie particulière les résultats précédents peuvent s'expliquer par l'accroissement du champ électrique au contact dû à l'emploi d'une pointe.

Conclusion. — Bien que l'emploi d'une électrode métallique en forme de pointe favorise nettement la détection des galènes sensibles l'effet de pointe ne peut en aucune façon être considéré comme la cause de la détection. Il joue le rôle d'un facteur secondaire.

ÉLECTRONIQUE. — *Sur le déplacement, dans un champ électrostatique, d'enroulements magnéto-électroniques.* Note de M. **Louis Cartan**, présentée par M. Maurice de Broglie.

M. Jean Thibaud a récemment mis au point [2] une méthode de collection des positrons qui utilise les propriétés des trajectoires de corpuscules chargés dans un champ magnétique hétérogène à symétrie radiale. De tels champs sont fréquemment réalisés dans la pratique, notamment vers les bords d'un électro-aimant ou au voisinage d'un barreau aimanté (cas du champ terrestre). On sait qu'un corpuscule de charge e, de masse m, lancé dans un champ homogène H_0 avec une vitesse v_0 perpendiculaire au champ, décrit un cercle de rayon

$$r = \frac{v_0}{\omega} \qquad \text{avec} \quad \omega = \frac{H_0 e}{m}.$$

Dans le cas qui nous intéresse, il subit en outre une précession à chaque tour. Soient O le centre de symétrie du champ magnétique, Ox et Oy deux axes rectangulaires, perpendiculaires au champ H (H est constant suivant Ox). Si le corpuscule reste dans un domaine où le champ varie peu,

(1) Collet, *Thèse*, 1921.

(2) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 447; *Nature*, London, **132**, 1933, p. 480.

et si ε désigne le gradient relatif de H le long du rayon élémentaire r, on peut montrer que y est périodique et que la précession dx de x est

$$dx = \pi\varepsilon r \qquad (\text{à } 5\varepsilon^2 \text{ près}).$$

D'autre part, M. Jean Thibaud a été conduit, pour trouver le rapport e/m des positrons, à superposer au champ magnétique un champ électrostatique homogène dirigé suivant Ox. Nous nous sommes proposé de rechercher, de façon plus générale, l'effet d'un champ h dirigé de façon quelconque dans l'espace, en employant naturellement la dynamique de la relativité restreinte. Posant :

$$\delta = \frac{1}{\beta_0}\frac{h}{H_0} \qquad (h \text{ en unités électrostatiques; H en gauss}),$$

nous avons conduit notre calcul dans le cas où ε et δ sont petits vis-à-vis de 1, de l'ordre de 1/100e au plus.

Soient α l'angle de la tangente à la courbe et θ l'angle du champ électrique avec Ox $(0 < \theta < 2\pi)$, v la vitesse du corpuscule, j, k et V des quantités telles que

$$j = 1 + \frac{\delta\beta_0^2}{r}(x\cos\theta + y\sin\theta), \qquad k = 1 + \varepsilon\frac{y}{r} - \frac{\delta j v_0}{V}\sin(\alpha - \theta), \qquad V = jv.$$

Si l'on introduit des inconnues auxiliaires ξ et η telles que

$$\omega x = V\sin\alpha + \omega\xi,$$
$$\omega y = -V\cos\alpha + \omega\eta,$$

on obtient le système des trois équations différentielles en α :

$$\frac{d\xi}{d\alpha} = \frac{-\delta v_0 j\sin\theta - \varepsilon\frac{y}{r}V\cos\alpha}{k}, \qquad \frac{d\eta}{d\alpha} = \frac{\delta v_0 j\cos\theta - \varepsilon\frac{y}{r}V\sin\alpha}{k},$$
$$\frac{dV}{d\alpha} = \delta v_0\cos(\alpha - \theta)\frac{1}{k}.$$

L'intégration se conduit à l'aide de la méthode des approximations successives, en s'appuyant sur les cas particuliers $\delta = 0$ pour le calcul de ξ, $\cos\theta = 0$ pour le calcul de η (η est périodique pour $\cos\theta = 0$). On trouve ainsi que les enroulements élémentaires subissent, dans le plan perpendiculaire au champ magnétique, un déplacement d'ensemble dirigé suivant une droite qui fait avec Ox un angle φ donné par

$$\tang\varphi = \frac{2\delta\cos\theta}{\varepsilon - 2\delta\sin\theta}.$$

Dans le cas du dispositif expérimental de M. Thibaud ($\theta = 0$), on retrouve la formule approchée donnée par cet auteur ([1]). Nous n'avons pu assigner une limite à l'erreur relative commise sur l'angle φ (limite égale à 1/10e) que dans le cas où

$$\varepsilon \geqq 2\delta(1 + 2 \sin\theta).$$

Quant au mouvement suivant l'axe Oz parallèle au champ magnétique, il est uniformément accéléré, à moins que le champ H n'ait une composante $H_1(z)$ suivant Oy. C'est le cas de la pratique où l'on a souvent affaire à des lignes de force quasi circulaires. Sous la condition restrictive énoncée plus haut, $\varepsilon - 2\delta \sin\theta$ est positif; la force magnétique due à $H_1(z)$ est alors attractive et sensiblement proportionnelle à $|z|$. Les enroulements oscillent donc entre les deux pôles magnétiques, la composante du champ électrique parallèle au champ magnétique pouvant décaler le centre de cette oscillation. C'est un phénomène analogue à celui décrit par M. Villard ([2]) dans sa théorie des aurores boréales. Les considérations qui précèdent pourraient peut-être trouver d'intéressantes applications dans ce domaine de la physique du globe.

ÉLECTROCHIMIE. — *Détermination directe du nombre des centres actifs sur une cathode métallique cristalline.* Note de M. **N. Thon**, présentée par M. G. Urbain.

I. Brandes ([3]), en discutant les oscillogrammes du potentiel de dépôt du zinc dans l'électrolyse d'une solution de $ZnSO^4$, a interprété la surtension observée sur une cathode métallique cristalline par une chute ohmique de tension le long du trajet des cations confluant vers les « centres actifs » disséminés à la surface de la cathode.

Volmer ([4]) a calculé le nombre n de ces centres à partir de la surtension η, la densité de courant i et la conductibilité spécifique χ de l'électrolyte. Le point de départ du calcul, non indiqué explicitement dans la publication citée, est le suivant : si l'afflux des cations vers les n centres se

(1) Jean Thibaud, *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 915.

(2) Villard, *Journal de Physique*, 7, 1908, p. 429 et suiv.

(3) *Z. physik. Ch.*, (A), **142**, 1929, p. 97.

(4) *Réunion internationale de Chimie physique*, Paris, 1933, Rapport V, p. 10 (*Actualités scientifiques et industrielles*, n° 85, Hermann et Cie).

fait à partir de la surface de n hémisphères de rayon r, le faisceau de cations mis en mouvement à travers la couche double a la section $2\pi r^2 n$ et la longueur r. La résistance totale de ce parcours est donc $R = 1/2\pi r n \varkappa$. D'autre part, l'application de la loi d'Ohm donne $R = \eta/i$. Pour calculer n, il faut faire une hypothèse sur la valeur de r. Si l'on identifie r avec la constante réticulaire, on arrive pour le zinc à $n = 6.10^5$ par centimètre carré.

II. Cette conséquence de la théorie n'a pas encore trouvé de confirmation expérimentale directe. Il nous a paru possible de faire cette vérification en faisant l'hypothèse que, du moins dans le cas de dépôts électrolytiques ayant atteint une épaisseur suffisante et constitués par des cristaux bien formés et distincts, chaque cristal présente un centre actif unique. Le prolongement régulier du même cristal indique en effet que l'insertion des cations dans le cristal se fait toujours en un seul endroit qui est celui de la croissance du plan réticulaire amorcé.

III. La numération des cristaux a été faite au microscope sur des coupes transversales de dépôts électrolytiques de cuivre, préparées suivant la technique habituelle de la métallographie microscopique. Le cuivre électrolytique se prête particulièrement bien à cette étude, en raison de la facilité d'obtenir, au moyen d'un polissage adéquat et d'une attaque appropriée, des micrographies où les cristaux individuels sont bien distincts et aisément dénombrables. D'autre part, le cuivre et le zinc déposés électrolytiquement dans les solutions des sulfates ont des microstructures analogues et leurs courbes de polarisation ont la même allure ([2]). La confrontation de la valeur de n calculée pour le zinc et de celle observée pour le cuivre nous paraît donc justifiée.

IV. Pour le cuivre déposé dans une solution contenant par litre 200^g $CuSO^4.5H^2O$ et 30^g H^2SO^4, avec une densité de courant de 0,4 amp/dm^2, nous trouvons à la surface d'un dépôt de $0^{mm},3$ d'épaisseur, en moyenne $3,6.10^5$ cristaux par centimètre carré. Avec des densités de courant plus élevées on trouve des nombres de cristaux plus grands, mais sensiblement du même ordre de grandeur.

Il y a donc concordance entre le nombre de cristaux déterminé directement et le nombre de centres actifs calculé par Brandes et Volmer.

V. Ce calcul, avec r de l'ordre 10^{-8} cm ne s'applique toutefois qu'au

---

([1]) Erdey-Grúz et Volmer, *Z. physik. Ch.*, (A), 157, 1931, p. 165; Cofetti et Foerster, *Ber. d. chem. Ges.*, 38, 1905, p. 2934.

dépôt à proximité de l'équilibre, à une densité de courant et, par conséquent, une surtension peu différente de zéro. Pour des densités de courant plus élevées, si l'on veut maintenir à titre d'interprétation que la surtension est due à une chute ohmique, et si l'on admet, comme nous venons de le suggérer, que l'ordre de grandeur du nombre n, égal au nombre de cristaux, ne varie pas sensiblement avec l'intensité de courant, il faut conclure à une forte augmentation avec la densité de courant du rayon r des hémisphères dans lesquelles a lieu la diffusion des cations vers les régions de croissance des cristaux. En d'autres termes, plus la polarisation de la cathode est forte, plus est étendue la zone où les trajectoires des ions convergent vers les centres actifs.

VI. La fraction de la surface de l'électrode atteinte par les lignes de courant est fonction de n et de r. L'interprétation habituelle de l'écart de l'allure rectiligne des courbes de polarisation cathodique des métaux qui se déposent en cristaux bien formés, fait appel à l'augmentation de n avec l'intensité du courant. La variation réelle de la *densité* de courant reste ainsi inférieure à celle de la densité apparente que l'on fait intervenir dans la construction de la courbe de polarisation, d'où inflexion de cette courbe vers l'axe des ordonnées. On arrive toutefois au même résultat en considérant comme grandeur variable avec la polarisation le rayon r de la zone active.

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur l'électrolyse du chlorure cuivrique en solution dans l'alcool méthylique*. Note de M. E. **Guillermet**, présentée par M. C. Matignon.

Speranski et Goldberg [1] signalent, sans préciser les conditions, qu'un essai de vérification de la loi de Faraday sur les solutions de chlorure cuivrique dans l'alcool méthylique n'a donné lieu à aucun dépôt cathodique.

Pour essayer d'élucider ce phénomène, j'ai procédé à un certain nombre d'électrolyses sur des solutions de chlorure cuivrique anhydre dans l'alcool méthylique anhydre à 5^g pour 100 de solution. Les opérations ont été conduites aux densités de courant de 1, 3 et 5 A/dm^2, avec ou sans diaphragme, avec anode de platine ou de cuivre et cathode de platine. J'ai étudié également l'influence de l'addition, à la solution initiale, de chlorure cuivreux et d'acide chlorhydrique.

---

(1) *Journ. Soc. phys.-chim. russe*, 32, 1900, p. 797-804.

Dans les essais avec anode de cuivre, on constate la transformation du cuivre de l'anode en chlorure cuivreux dont une partie reste adhérente à l'anode, tandis que le reste passe en solution. A la cathode on observe des dépôts formés à la fois de chlorure cuivreux et de cuivre, ce dernier en très faible quantité au plus 3 pour 100 du dépôt. Les rendements sont compris entre 70 et 80 pour 100.

Dans les essais avec anode de platine on ne constate pas de dégagement gazeux à l'anode, le chlore formé restant dissous dans l'alcool, partie à l'état libre, partie à l'état d'acide chlorhydrique résultant de son action sur l'alcool. A la cathode on observe des dépôts formés de chlorure cuivreux et de cuivre; les teneurs en cuivre des dépôts sont très variables, de 0 pour 100 à 80 pour 100 du poids du dépôt, cette teneur étant d'autant plus forte que l'acidité de la solution est plus grande (à la densité de $1 A/dm^2$ les dépôts n'apparaissent qu'au bout de plusieurs heures). Les rendements sont moins bons qu'avec anode de cuivre : entre 8 pour 100 et 39 pour 100. En utilisant un diaphragme on observe une amélioration du rendement (23 à 68 pour 100) et une teneur plus faible des dépôts en cuivre (5 à 8 pour 100). Pour la densité de courant de $5 A/dm^2$ les observations sont rendues à peu près impossibles par des phénomènes d'osmose qui font passer le liquide cathodique dans le compartiment anodique.

L'addition d'acide chlorhydrique à la solution initiale provoque une diminution du rendement en chlorure cuivreux et une augmentation du rendement en cuivre. Au contraire, l'addition de chlorure cuivreux à la solution entraîne une amélioration du rendement en chlorure cuivreux et une diminution de la teneur en cuivre des dépôts.

De l'ensemble des observations faites, on conclut que la réactiou primaire de l'électrolyse peut être représentée par

$$Cl^2Cu = ClCu + Cl.$$

Quant à la formation du cuivre dans les dépôts cathodiques elle provient de la réduction cathodique du chlorure cuivreux par l'hydrogène dû à l'électrolyse de l'acide chlorhydrique. En effet si le dépôt primaire était du cuivre et que le chlorure cuivreux résulte de l'attaque chimique du chlorure cuivrique sur le cuivre, le chlorure cuivreux étant plus soluble en milieu acide, le rendement en cuivre, au contraire de ce qui se passe, devrait diminuer quand l'acidité augmente, comme le montrent les essais d'attaque chimique. De plus par attaque chimique on n'a jamais obtenu de dépôts adhérents de chlorure cuivreux, alors que ceux obtenus par l'électrolyse le sont. Quant à

la faiblesse des rendements elle s'explique par la recombinaison du chlorure cuivreux et du chlore dissous dans l'électrolyte, comme le montrent les essais avec diaphragme.

OPTIQUE. — *Réflexion elliptique sous l'incidence normale sur un corps transparent anisotrope. Biréfringence superficielle du spath.* Note de MM. **R. de Mallemann** et **H. Courtillot**, présentée par M. A. Cotton.

Il y a quelque temps, l'un de nous avait prévu la possibilité d'une réflexion *elliptique*, sous l'incidence *normale*, sur des corps *transparents* dissymétriques ou anisotropes [1] (la lumière incidente étant rectiligne). Ce phénomène a été mis en évidence et étudié sur le *spath*. Le cristal en forme de prisme, parallèle à l'axe, est noirci sur les faces non utilisées, de manière à éliminer les réflexions parasites. Au moyen d'un analyseur de Chaumont, on mesure simultanément l'ellipticité et l'orientation de l'ellipse, pour des incidences décroissant depuis les angles de Brewster jusqu'à l'incidence quasi normale. La réflexion sur une face parallèle à l'axe cristallographique est étudiée pour diverses orientations de l'axe par rapport au plan d'incidence [2].

On observe d'abord que les ellipses brewstériennes correspondant aux deux vibrations principales du *cristal* (face parallèle à l'axe) sont de *sens contraires*. L'ellipticité est notablement plus grande quand la vibration *ordinaire* est dans le plan d'incidence; elle s'annule, en changeant de signe, quand l'axe est à 60 degrés environ du plan d'incidence [3] ($\varphi = 45°$). Si l'on diminue l'incidence, l'*ellipticité augmente* (au lieu de décroître très vite comme dans le cas des corps isotropes). L'orientation de la vibration incidente étant maintenue fixe, à 45 degrés du plan d'incidence, on constate

---

(1) R. de Mallemann, *Bull. Soc. fr. de Phys.*, n° 319, 1932, p. 34.

(2) En prenant une incidence intermédiaire, car les deux angles de Brewster diffèrent notablement. Quand la vibration extraordinaire est dans le plan d'incidence, l'angle de polarisation est fonction des deux indices n_e et n_0: l'expérience confirme la valeur calculée.

(3) Sauf pour l'incidence rasante. Sous l'incidence normale, l'ellipticité est assez forte pour être visible en regardant à travers un simple nicol; elle atteignait 2° dans nos expériences. Il faut avoir soin d'éliminer toute lumière provenant de réflexions intérieures.

que l'ellipticité ne s'annule jamais ([1]); *elle atteint sa plus grande valeur pour les incidences faibles;* des mesures ont été faites à moins de 1 degré de la normale.

Le grand axe de l'ellipse coïncide sensiblement avec la direction de la vibration rectiligne donnée par la théorie classique de la réflexion cristalline.

En maintenant fixe l'incidence (quasi normale), et faisant tourner le polariseur, on constate que l'ellipticité s'annule rigoureusement chaque fois que la vibration incidente devient parallèle à une des directions principales du cristal (exactement comme si l'on observait une lame *très mince* par transmission). Les formules connues donnent le rapport des *amplitudes* tang β et le *retard* Δ, *suivant les deux directions principales du cristal*; on trouve que Δ *est constant*, et que tang β est sensiblement le produit de tang φ (φ étant l'azimut du polariseur), par le rapport des pouvoirs réflecteurs principaux du spath.

On doit conclure que la réflexion, même normale, introduit une petite différence de phase Δ entre les deux vibrations principales réfléchies.

Il n'existe plus aucune ellipticité quand on observe la réflexion normale sur une face *perpendiculaire* à l'axe du cristal.

Pour l'incidence *normale*, le sens des ellipses est à peu près évident (voir plus loin), puisque, dans ce cas, l'ellipticité change de signe mais reprend la même valeur absolue quand on tourne l'axe ou le polariseur (ce qui revient ici au même) de 90°. On peut prévoir ainsi le sens des ellipticités brewstériennes; *la correspondance se vérifie.* Il n'y a donc pas lieu de distinguer ici une réflexion positive et une réflexion négative puisque la direction de la vibration *retardée* est comme *a priori* ([2]). La théorie indiquée plus loin conduit à la règle suivante : *l'ellipticité brewstérienne est plus grande*

([1]) Dans le cas des corps anisotropes, les azimuts « principaux » de réflexion, c'est-à-dire le plan d'incidence et le plan normal, n'ont qu'un rôle secondaire; *les azimuts fondamentaux sont ceux des vibrations principales du cristal.* Dans le cas des corps isotropes, l'anisotropie, définie par les azimuts principaux, est en quelque sorte *induite* par le phénomène; elle doit donc disparaître sous l'incidence normale.

([2]) L'ellipticité observée dépend de l'état de la surface, mais les corps anisotropes présentent, à ce point de vue, un avantage sur les corps isotropes : ils permettent d'obtenir des valeurs distinctes mais *comparables* par rotation de la surface autour de sa normale (on vérifie que l'état de la surface ne change pas au cours d'une série de mesures, en croisant les expériences).

quand la direction principale de plus grand indice est parallèle au plan d'incidence, règle vérifiée dans nos expériences sur le spath.

Ces faits montrent le véritable caractère de l'ellipticité brewstérienne, effet qui, dans les corps isotropes, apparaît un peu comme une singularité; ils prouvent que cette ellipticité dérive d'un phénomène plus général, dont elle est un simple aspect, sans particularité spéciale.

L'ensemble de nos observations est bien interprété quand on calcule les effets d'une *couche de passage* (pure ou adsorbée, peu importe), anisotrope ou isotrope. On prévoit ainsi une *ellipticité par réflexion sous l'incidence normale*, dont l'expression se présente comme la somme de deux effets conjugués : 1° une *biréfringence* (superficielle), qui dépend essentiellement de la différence des retards dans la couche; 2° une *biréflectance*, qui dépend de la différence des pouvoirs réflecteurs du cristal (et de la somme des retards). Les formules obtenues permettent d'étudier la variation du phénomène en fonction de l'incidence, en particulier de calculer les valeurs des ellipticités brewstériennes. Nous avons fait les calculs numériques dans l'hypothèse la plus simple : celle d'une couche isotrope, ayant un indice voisin de l'indice extraordinaire du spath. Les valeurs relatives et les sens correspondent aux faits observés; les valeurs absolues sont du même ordre que les nombres mesurés.

BIRÉFRINGENCE MAGNÉTIQUE. — *Variation thermique de la biréfringence magnétique du nitrobenzène, du benzène et du sulfure de carbone.* Note (1) de M. **Antoine Goldet**, présentée par M. A. Cotton.

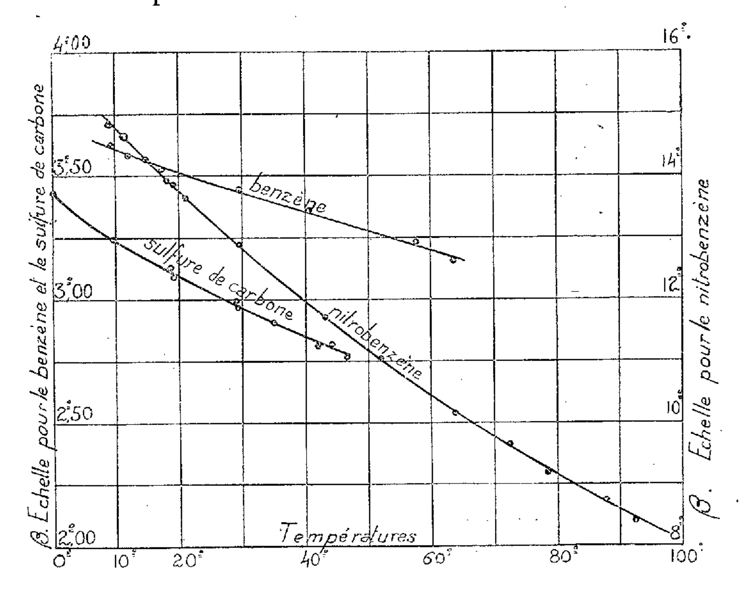
Nous avons réalisé, au Laboratoire de l'Électroaimant de Bellevue, un appareil permettant d'étudier les variations thermiques de la biréfringence magnétique des liquides. Le tube polarimétrique est placé dans une enceinte thermostatique constituée essentiellement par une caisse en tôle de cuivre bien calorifugée. Des logements latéraux sont disposés pour permettre le rapprochement des pièces polaires. La caisse est remplie d'eau ou d'un autre liquide, et la température est maintenue constante à 1/10° de degré près au moyen de résistances chauffantes placées dans deux tubes au fond de la caisse.

Nous avons utilisé cet appareil à des mesures sur la variation avec la température de la biréfringence magnétique du nitrobenzène, du benzène

(1) Séance du 4 décembre 1933.

et du sulfure de carbone. Ces trois liquides ont été étudiés avec le même tube de longueur l, le même entrefer et le même courant, par suite le même champ H, mais les mesures ont été faites avec la raie jaune du mercure pour le nitrobenzène et avec la raie verte du mercure pour le benzène et le sulfure de carbone. Les variations relatives des biréfringences mesurées sont, aux environs de 20°, de 1/144,6 par degré pour le nitrobenzène [1], 1/400 pour le benzène et 1/235 pour le sulfure de carbone.

Les courbes ci-dessous représentent les variations de l'ellipticité mesurée β en fonction de la température t.



Nous avons comparé nos résultats avec ceux que fait prévoir la théorie de Langevin, en admettant successivement qu'on introduit dans les calculs l'invariant $(n^2-1)/(n^2+2)\times 1/d$ de Lorentz-Lorenz reliant l'indice à la densité, ou l'invariant $(n^2-1)(2n^2+1)/n^2\times 1/d$ résultant du mode d'évaluation du champ moléculaire proposé par R. de Mallemann [2]. En prenant la première relation, on peut poser, en appelant δ et δ' les anisotropies optiques et magnétiques de la molécule, et χ la susceptibilité magnétique de la substance, $\beta = A l H^2 \chi \delta\delta'(n^2-1)(n^2+2)/n\mathrm{T}$ et, en prenant la seconde relation, $\beta = B l H^2 \chi \delta\delta' n(n^2-1)/(2n^2+1)\mathrm{T}$, A et B étant des constantes indépendantes de la température.

---

(1) A. Cotton et H. Mouton (*Ann. Ch. et Ph.*, **20**, 1910, p. 235) trouvaient 1/144.

(2) *Comptes rendus*, **187**, 1928, p. 720.

Les mesures de la dépolarisation de la lumière diffusée ne sont d'accord avec la théorie que si l'on envisage des variations de l'anisotropie optique δ avec la température; or, les formules précédentes montrent que si δ' est supposé constant ainsi que χ, δ est proportionnel à l'une ou à l'autre des expressions $n\mathrm{T}/(n^2-1)(n^2+2)$ et $(2n^2+1)\mathrm{T}/n(n^2-1)$ selon l'invariant adopté.

Nous avons calculé les variations de ces deux expressions en prenant comme unité leur valeur à 10°. Les résultats sont indiqués dans le tableau ci-dessous [1] :

Températures	10°.	30°.	50°.	70°.	90°.
Nitrobenzène, formule (1)	1	0,948	0,900	0,848	0,815
» formule (2)	1	0,943	0,890	0,841	0,800

Températures	10°.	25°.	40°.	60°.
Benzène, formule (1)	1	1,038	1,092	1,129
» formule (2)	1	1,033	1,080	1,113
CS^2, formule (1)	1	1,013	1,035	–
» formule (2)	1	1,003	1,007	–

Pour le sulfure de carbone, il résulte des mesures sur la lumière diffusée que δ est sensiblement constant pour des variations notables de la température. Nos mesures conduisent à la même conclusion, surtout si l'on adopte le mode de calcul de de Mallemann pour le champ moléculaire.

Nos mesures de densités et d'indices ont d'ailleurs montré qu'avec le nouvel invariant $(n^2-1)(2n^2+1)/n^2 \times 1/d$, on obtient également un meilleur accord avec l'expérience.

Les variations pour le nitrobenzène et le benzène sont trop grandes pour qu'il semble légitime d'en tirer un argument en faveur de l'une ou l'autre hypothèse pour le champ moléculaire.

Si l'on compare les valeurs relatives de δ que nous avons indiquées ci-dessus à celles calculées par Ramachandra Rao à partir de ses mesures [2] sur la dépolarisation de la lumière diffusée, on constate que les variations sont bien de même sens et du même ordre de grandeur; les valeurs obtenues par diffusion donnent toutefois des variations relatives à peu près 2 à 3 fois plus importantes.

---

(1) Nous avons pris pour les indices du nitrobenzène les valeurs indiquées, d'après Falk, par Szivessy (*Ann. der Phys.*, **63**, 1922, p. 131); les autres proviennent de mesures directes.

(2) *Ind. Journ. Phys.*, 3, 1928, p. 21.

BIRÉFRINGENCE MAGNÉTIQUE. — *Biréfringence magnétique de l'oxygène gazeux.* Note de M. **Tsaï Belling**, présentée par M. A. Cotton.

La recherche de la biréfringence magnétique sur des corps à l'état gazeux, particulièrement sur l'oxygène qui est paramagnétique, a un grand intérêt théorique. J'ai entrepris des recherches pour la mettre en évidence en employant de l'oxygène comprimé. Les pressions ont varié entre 25 et 100 atmosphères. Le gaz était contenu dans un tube de 5^{mm} de diamètre intérieur placé entre les pièces polaires en coin, longues de 25^{cm}, du grand électroaimant de l'Académie des Sciences. Les champs employés étaient d'environ 45000 gauss.

L'appareil servant à rechercher la biréfringence est un dispositif à pénombres utilisant la lumière blanche dérivant de l'appareil de Forest-Palmer [1] et qui avait été réalisé au Laboratoire par M. Bizette. Le modèle que j'ai construit a été disposé, ainsi que le polariseur et l'analyseur (deux glazebrooks), à l'intérieur même du tube renfermant l'oxygène comprimé, et l'on peut, de l'extérieur, pendant que le tube est sous pression, tourner l'un des glazebrooks, ou bien agir sur une vis qui permet de rétablir l'égalité des plages.

Dans ces conditions, *j'ai constaté que l'oxygène comprimé acquiert nettement sous l'action du champ magnétique une biréfringence négative proportionnelle à la pression.*

Pour une pression de 100^{kg} par centimètre carré, la constante de Cotton-Mouton de l'oxygène gazeux est voisine de $C_m = -4,8.10^{-14}$. Cette valeur est environ 200 fois plus faible que celle que l'on calcule par la théorie classique Langevin-Debye en partant de la valeur du paramagnétisme de l'oxygène et en admettant que l'angle de l'axe du moment magnétique de la molécule d'oxygène avec son axe optique est nul. On trouve une valeur 100 fois plus faible si l'on suppose que $\alpha = \pi/2$. Pour qu'il y ait accord, il faudrait que l'angle α ait une valeur intermédiaire, de l'ordre de 54 degrés.

Nous rappellerons que M. Lainé [2] avait mesuré déjà à Bellevue la biréfringence magnétique de l'oxygène liquide et qu'il avait trouvé une biréfringence magnétique très forte et négative.

---

(1) Forest-Palmer, *Phys. Rev.*, (2), **17**, 1921, p. 409.
(2) P. Lainé, *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1218 et 1594.

Pour comparer utilement les valeurs de la biréfringence sous les deux états avec les valeurs théoriques ([1]), nous attendrons d'avoir fait des mesures plus précises en utilisant une bobine supplémentaire que nous avons construite et qui permet, comme nous l'avons constaté déjà, d'augmenter la valeur des champs donnés, lors des essais précédents, par le grand électroaimant employé seul.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Étude des esters gras de la cellulose au moyen des rayons X.* Note ([2]) de M. **J.-J. Trillat**, présentée par M. M. de Broglie.

Dans le présent travail, j'ai étudié la structure et les phénomènes d'orientation présentés par une série d'esters gras de la cellulose, allant du triacétate au tristéarate de cellulose. L'étude de telles substances présente un intérêt particulier, du fait qu'elles sont constituées par deux types de longues chaînes organiques, l'une, les chaînes aliphatiques, l'autre, les chaînes cellulosiques dites « chaînes de valence principale ». Les produits avaient été préparés à l'état pur par les laboratoires de recherches Kodak à Rochester.

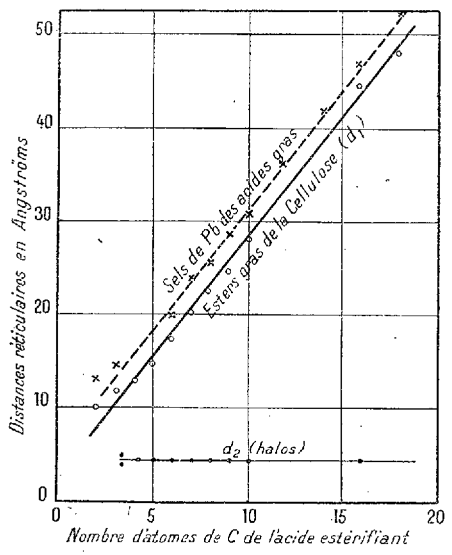
Les résultats peuvent se résumer de la façon suivante : tout d'abord, on constate que les diagrammes *par transmission* se composent d'anneaux de Debye-Scherrer, indiquant, comme l'a montré A. Nowakowski pour les éthers dilauriques et tristéariques de la cellulose (*Comptes rendus*, 191, 1930, p. 411) que la structure généralement orientée de celle-ci a été modifiée par la fixation des longues chaînes aliphatiques. Mais il apparaît en outre un phénomène important : alors que les anneaux ou halos externes de grand diamètre (petites distances réticulaires d_2) restent fixes, l'anneau interne voit son diamètre diminuer progressivement avec le nombre croissant d'atomes de carbone des chaînes aliphatiques estérifiantes, ce qui signifie que *la distance réticulaire correspondante d_1 augmente avec ce nombre d'atomes de carbone.*

La courbe ci-après représente l'allure de ces variations, en tous points

([1]) L. Goldstein et Y. Rocard avaient prévu (*Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1722) que la biréfringence de l'oxygène gazeux serait bien plus faible que celle calculée par la théorie de Langevin.

([2]) Séance du 27 novembre 1933.

identiques à celles que nous avions observées autrefois (J.-J. Trillat, *Thèse*, Paris, 1926) pour les acides gras saturés et leurs sels métalliques. L'augmentation par atome de carbone est ici égale à 1,3 Å et les points représentatifs se placent d'une façon remarquable sur une ligne droite. De plus la valeur absolue des grandes équidistances, ainsi que des petites, est tout à fait du même ordre que celles des acides gras et de leurs sels; les grandes équidistances d_1 se rapportent à la longueur des chaînes d'acide gras fixées sur les chaînes de valence principale de la cellulose, les petites équi-



Esters cellulosiques. Variation de d_1.

distances constantes d_2, qui donnent lieu en général à un halo « amorphe », peuvent être considérées comme dues à la largeur de l'anneau pyranique (β-glucopyranose).

On observe également que les termes inférieurs (acétate, propionate, butyrate) ont une structure nettement cristalline, tandis que les termes supérieurs possèdent une structure de plus en plus voisine de celle d'un état mésomorphe.

En étudiant par la méthode du cristal tournant *des films minces* d'esters gras obtenus par pression sur des lames de verre, on constate que, à mesure que la longueur de la chaîne aliphatique augmente, il apparaît des réflexions sur des plans séparés par une équidistance variable avec le nombre d'atomes de carbone, plans qui forment ainsi des feuillets parallèles à la surface du

support. La raie correspondante n'apparaît que pour un nombre d'atomes de carbone voisin de 5 ou 6 (valérate et caproate) et son intensité relative augmente pour les termes supérieurs. Ceci indique que les chaînes aliphatiques, lorsque leur longueur est suffisante, s'orientent perpendiculairement au plan du support (donc parallèlement à la direction de la pression).

De l'ensemble des résultats obtenus, il est possible de tirer les conclusions suivantes :

a. Liaisons des chaînes aliphatiques avec les chaînes de valence principale. — Les chaînes aliphatiques sont placées perpendiculairement (ou presque) à la direction des chaînes de valence principale. En adoptant le schéma de Haworth où intervient comme élément fondamental un noyau pyranique, on peut admettre qu'elles sont disposées de part et d'autre du plan de ce noyau, deux d'entre elles se trouvant d'un côté, la troisième de l'autre, cette disposition étant inversée pour le noyau suivant. Les trois chaînes d'acide gras se disposent ainsi à la fois perpendiculairement à l'axe de fibre et au plan des noyaux pyraniques. Une telle structure permet de tenir compte à la fois de la structure fibreuse de la cellulose et des propriétés communes à tous les composés aliphatiques à longue chaîne carbonée, et permet d'expliquer également les phénomènes d'orientation observés dans les films minces obtenus par pression.

b. Liaisons latérales des chaînes de valence principale. — Ces liaisons se trouvent très affaiblies par suite du remplacement des groupes OH par des chaînes aliphatiques; il est logique de supposer qu'elles le seront d'autant plus que les chaînes seront plus longues. C'est bien ce qui résulte de l'étude des diagrammes par transmission sur les substances pulvérulentes, la structure étant d'autant plus cristalline que la chaîne aliphatique est plus courte. Une telle conception nous conduit à admettre qu'à mesure que la longueur de la molécule d'acide gras augmente, les chaînes cellulosiques sont de moins en moins liées entre elles, et il apparaît en même temps des phénomènes d'*onctuosité* ou de *plasticité* analogues à ceux présentés par les savons ou les graisses. Le caractère « chaîne aliphatique » l'emporte donc de plus en plus sur le caractère « chaîne cellulosique », ce qui confère aux produits obtenus des propriétés physiques nouvelles et intéressantes.

RADIOACTIVITÉ. — *Activité des matériaux exposés au champ électrique naturel.* Note de M. **Hubert Garrigue**, présentée par M. Ch. Maurain.

Les diverses mesures de radioactivité de matériaux exposés à l'air libre, à l'action du champ électrique naturel ont été effectuées au Laboratoire d'électricité de l'Observatoire du Pic-du-Midi (2860^{m}) au moyen d'un appareil à feuille d'or (1) dont les caractéristiques sont les suivantes :

Volume du vase clos : 3000^{cm^3}.
Charge de la feuille d'or pour une mesure : 160 volts.
Vitesse de décharge pour une production limite de 7 ions/cm³/sec dans le volume gazeux du vase clos, à la pression ambiante de 530^{mm} : 10 divisions micrométriques en 1 heure.
Correction de fuite négligeable.

Le vase clos, construit en zinc, et rempli d'air à la pression ambiante, comporte un bouchon hermétique par où l'on peut introduire la pièce radioactive. L'introduction simultanée d'air frais dans le vase apporte une faible erreur qui disparaît rapidement après fermeture du bouchon, si l'air du laboratoire est exempt de gaz émanations, ce qui est réalisé ici pendant la saison d'été.

Les résultats exprimés en ions produits par centimètre cube et par seconde, dans le vase clos contenant la pièce radioactive, déduction faite de l'ionisation due aux rayons pénétrants (7 ions/cm³/sec) portent sur les objets suivants :

a. Un petit cylindre de zinc de 70×20^{mm} porté par l'extrémité d'un paratonnerre. Foudroyé et partiellement fondu le 25 août 1933 à 18^{h}, retiré à 19^{h}.

b. L'extrémité de deux paratonnerres dominant de 25^{m} les terrasses de l'Observatoire (2885^{m}), l'une retirée en avril 1933, sans orage; l'autre foudroyée le 25 août 1933 vers 18^{h} et retirée à 19^{h}.

c. Un petit cylindre de laiton de 70×20^{mm} exposé sur une crête calcaire dégagée, à 2800^{m} d'altitude.

d. Une touffe d'herbe provenant de la même crête.

e. Une parcelle de schiste venant de la même crête.

Les trois derniers objets *c*, *d*, *e* ont été retirés le 8 septembre 1933 à 21^{h}. La journée du 8 septembre a été marquée par des orages lointains.

---

(1) *Comptes rendus du Congrès des Sociétés savantes*, Toulouse, 1933.

Pièce activée.	Nombre d'ions produits par centimètre cube/seconde dans le vase clos, attribué à l'activité de la pièce, aux époques suivantes :								
	0.	5 min.	10 min.	30 min.	1 h.	2 h.	10 h.	20 h.	100 h.
a............	0	934	862	–	381	81	14	3	0,7
Avril *b*.......	0	–	190	–	–	–	–	–	–
Août *b*.......	0	–	161	–	–	–	–	–	–
c............	0	–	–	150	–	14	–	0,9	–
d............	0	–	120	–	–	7	–	–	–
e............	0	–	11	–	–	0,5	–	–	–

0 = Époque zéro à laquelle l'objet est retiré et porté au laboratoire.

On remarque une activité très importante pour le cylindre de zinc foudroyé.

La loi de disparition de l'activité montre qu'il y a prédominance d'éléments du radium à vie courte, dans le dépôt actif.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Les* diamètres effectifs *des noyaux radioactifs*. Note de MM. **G. Gamow** et **S. Rosenblum**, présentée par M. Jean Perrin.

La mécanique ondulatoire permet, comme on le sait, d'établir la relation approximative suivante pour la constante de désintégration λ en fonction de la vitesse v de la particule α, du numéro atomique Z et du rayon r_0 du noyau en désintégration radioactive (notations ordinaires)

$$\log\lambda = \log\frac{4h}{mr_0^2} - \frac{8\pi^2 e^2}{h}\frac{(Z-2)}{v_{\text{eff}}} + \frac{16\pi e\sqrt{m}}{h}\sqrt{(Z-2)}\sqrt{r_0}(1-\sigma) \tag{1}$$

où

$$v_{\text{eff}} = v\left(1+\frac{m}{M}\right) \qquad \text{et} \qquad \sigma = \frac{h^2}{32\pi^2 m e^2}\frac{j(j+1)}{r_0(Z-2)},$$

j étant le nombre azimutal quantique de la particule émise, m la masse de la particule α et M la masse du noyau formé.

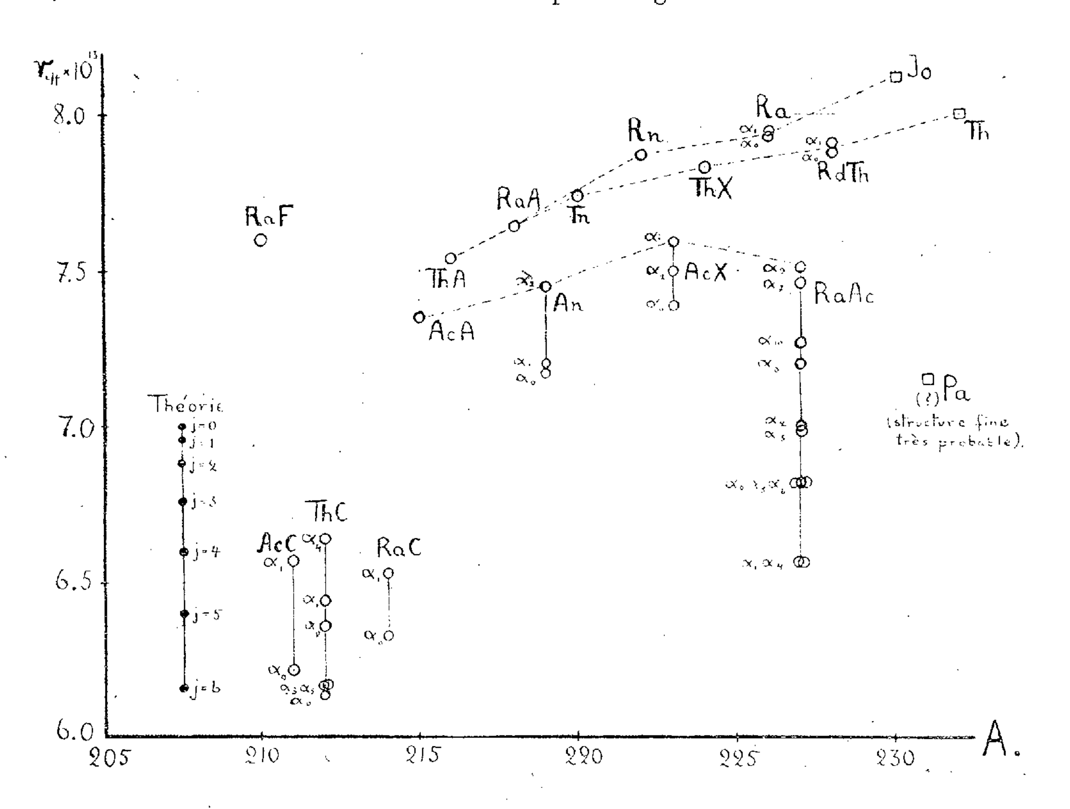
Dans le cas où l'on connaît λ, V et Z, on peut trouver la valeur $r_0(1-\sigma)^2 = r_{\text{eff}}$ que nous appelons le *rayon effectif*. Comme σ est petit par rapport à l'unité, on peut écrire

$$r_{\text{eff}} = r_0 - \frac{h^2}{16\pi^2 m e^2 (Z-2)} j(j+1). \tag{2}$$

On peut s'attendre à ce que r_0 varie d'une façon régulière avec le poids

atomique A. Le fait que les rayons effectifs se placent quelquefois en dehors d'une courbe régulière peut s'expliquer par des nombres azimutaux différents de zéro [1].

L'existence de plusieurs raies α pour un grand nombre de corps [2] nous permet d'évaluer les rayons effectifs. Les résultats préliminaires obtenus qui correspondent à des diamètres effectifs échelonnés entre 12.10^{-13} et 17.10^{-13} cm forment un tableau donné par la figure ci-dessous.



Les λ relatifs à chaque composante sont tirés des λ totaux donnés par

---

(1) G. Gamow, *Nature*, 129, 1932, p. 470; 131, 1933, p. 618.

(2) S. Rosenblum, *Origine des rayons* γ (Hermann et Cie, Paris, 1932); *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 317; Lewis et Wynn-Williams, *Proc. Roy. Soc.*, 136, 1932, p. 349; Lord Rutherford, Wynn-Williams, Lewis et Bowden, *Proc. Roy. Soc.*, 139, 1933, p. 612; M. Curie et Rosenblum, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1598; Rosenblum et Chamié, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1663.

l'expérience ([1]) en tenant compte de l'intensité relative ([2]) de chaque groupe. On remarque que les rayons des familles du radium et du thorium se placent approximativement sur la même courbe (tant que la suite des transformations a n'est pas interrompue par une transformation β). La famille de l'actinium α, en général, des rayons plus petits qui se placent sur une autre courbe. Ceci est probablement en relation avec la valeur impaire des poids atomiques des corps qui constituent cette famille.

Les différentes composantes de structure fine semblent se réunir en des groupes ayant une même valeur pour le rayon effectif. L'existence de valeurs discrètes pour les rayons effectifs des composantes de structure fine indiquerait l'intervention de nombres entiers. On peut, en plus, remarquer que les différences Δr entre les rayons calculés dans le cas de structure fine ont le même ordre de grandeur que celles données par la formule (2).

L'accord n'est cependant pas parfait, ce qui provient probablement du fait que la formule ne tient compte que de l'influence du nombre azimutal quantique sur la transparence de la barrière de potential, tandis que l'on devrait également envisager l'influence du nombre quantique sur le mouvement des particules à l'intérieur du noyau.

L'étude plus détaillée des intensités est souhaitable pour s'assurer d'une façon définitive de l'existence de valeurs discrètes pour les rayons effectifs.

Nous remarquerons encore que si les particules α de certains groupes intenses de structure fine quittent le noyau avec des nombres azimutaux différents de zéro, on peut s'attendre à une anisotropie dans l'émission de ces groupes dans le cas où les noyaux en désintégration sont orientés (par exemple, un faisceau atomique radioactif dans un champ magnétique); on peut envisager des expériences dans cette direction.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Preuve expérimentale de l'annihilation des électrons positifs.* Note de M. F. **Joliot**, présentée par M. Jean Perrin.

Les électrons positifs sont toujours observés très peu de temps après leur création, lorsqu'ils sont encore en mouvement rapide, et l'on doit se demander ce qu'ils deviennent lorsqu'ils ont perdu leur vitesse.

([1]) Constantes radioactives admises en 1930 (*J. de Phys.*, 2, 1931, p. 273-289).

([2]) Nous avons mesuré l'intensité des raies, mais généralement de façon assez sommaire.

Selon la théorie de Dirac un électron positif peut disparaître lorsqu'il rencontre un électron négatif libre ou faiblement lié en donnant deux photons émis dans des directions opposées dont les énergies sont égales à $0,5 \times 10^6$ eV, la somme de celles-ci 10^6 eV correspond à l'annihilation de la masse des deux électrons. La durée de vie de l'électron positif serait inférieure à 10^{-9} sec, lorsque cette particule se meut dans l'eau et elle serait inversement proportionnelle à la densité de l'absorbant. Lorsque l'électron positif rencontre un électron fortement lié au noyau, l'annihilation aurait lieu avec émission d'un seul photon de 10^6 eV. La probabilité de ce processus, calculée théoriquement, est, d'après Fermi et Uhlenbeck (1), considérablement plus petite que celle du premier processus envisagé ci-dessus. Enfin F. Perrin (2) a imaginé d'autres modes d'annihilation, en particulier l'électron positif peut rencontrer un électron négatif au voisinage d'un autre électron négatif, dans ce cas un seul photon de $0,64 \times 10^6$ eV est émis en même temps qu'un des électrons négatif est projeté.

La seule présomption en faveur de la théorie de l'annihilation des électrons positifs était fournie par les résultats des expériences de Gray et Tarrant. Selon ces auteurs le plomb irradié par le rayonnement γ de ThC″ ($2,65 \times 10^6$ eV) émet dans toutes les directions des photons de $0,5 \times 10^6$ eV et de 10^6 eV qui correspondraient à l'annihilation des électrons positifs ayant été créés dans le plomb aux dépens des photons d'énergie élevée incidents.

Si cette interprétation est possible pour la radiation de $0,5 \times 10^6$ eV, il semble qu'elle ne puisse convenir pour celle de 10^6 eV, l'intensité observée (1/3 de l'intensité de la radiation de $0,5 \times 10^6$ eV) étant beaucoup plus élevée que ne le laisse prévoir la théorie.

Les expériences que j'ai entreprises et qui sont décrites dans cette Note ont donné des résultats confirmant les prévisions de la théorie de Dirac relatives à l'annihilation des positrons.

Une source intense de positrons (80 millicuries de Po déposé par volatilisation sur Al et couvert de Al) (3) est placée, entre les pièces polaires d'un électroaimant dans la région marginale de champ variable (1100 gauss) (4).

---

(1) *Phys. Rev.*, 44, 1933, p. 510.

(2) F. Perrin, *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 1302.

(3) L'aluminium bombardé par des rayons α du Po est une source de positrons (I. Curie et F. Joliot, *Journal de Physique*, 4, 1933, p. 494; *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1885).

(4) Méthode de la trochoïde déjà employée par J. Thibaut dans un but différent (*Comptes rendus*, 197, 1933, p. 447).

Les électrons positifs s'enroulent suivant une cycloïde se déplaçant le long d'un cercle ayant son centre sur l'axe des pièces polaires et arrivent sur un radiateur de plomb ou d'aluminium placé au-dessus d'un compteur Geiger-Müller. La région du radiateur et du compteur est protégée du faible rayonnement γ émis par la source par un écran de plomb épais fixé dans l'entrefer.

Suivant le sens du champ magnétique on peut faire parvenir sur le radiateur les électrons positifs ou les électrons négatifs émis par la source. Le compteur porte un petit orifice fermé par une feuille d'aluminium. Dans une première expérience, en l'absence de radiateur, j'ai déterminé le nombre des électrons positifs et négatifs qui peuvent atteindre une surface égale à celle du radiateur (5×10^3 électrons positifs et 2×10^3 électrons négatifs par minute).

Le radiateur étant en place, on fait une série de mesures croisées, la source étant soit couverte de 3^{mm} de Pb, soit découverte. On constate un excès de 16 pour 100 du nombre des particules enregistrées lorsque les électrons positifs sont absorbés par $1^{mm},5$ de plomb. Aucune différence notable n'est observée lorsque ce sont les électrons négatifs qui sont absorbés. L'interposition d'écrans de plomb d'épaissseur croissantes entre le radiateur et le compteur montre que l'intensité du rayonnement observé dans le premier cas diminue exponentiellement, le coefficient d'absorption massique dans le plomb est $(\mu/\rho)_{Pb} = 0,24$. La valeur correspondante [1] de l'énergie des photons émis est $h\nu = 485\,000$ et $\pm 60\,000$ eV.

L'intensité de la radiation émise est indépendante de la nature du radiateur (Pb — Al). Le calcul montre que le nombre de quanta émis par le radiateur dans l'angle solide 2π est de l'ordre de grandeur du nombre des positrons arrivant sur lui. D'autre part, la précision des expériences, bien que peu élevée, est suffisante pour me permettre de croire que, s'il existe dans la radiation émise une composante de 10^6 eV, elle est en proportion inférieure au tiers de l'intensité (nombre de quanta) de la radiation de $0,5 \times 10^6$ eV. L'existence en faible proportion d'une composante de $0,64 \times 10^6$ eV, comme l'a envisagé F. Perrin, ne pourrait être décelée dans ces expériences.

En définitive, ces expériences montrent clairement que lorsqu'on absorbe les électrons positifs dans la matière, on observe l'émission par celle-ci de

---

(1) Jaeger, *Zeits. f. Physik*, 69, 1931, p. 565.

photons d'énergie voisine de $0,5 \times 10^6$ eV, en nombre approximativement égal au double du nombre des électrons positifs incidents. On peut donc conclure que le processus d'annihilation des électrons positifs imaginé par Dirac est confirmé par ces expériences.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Possibilité d'émission de particules neutres de masse intrinsèque nulle dans les radioactivités* β. Note de M. **Francis Perrin**, présentée par M. Jean Perrin.

Les électrons émis par les noyaux atomiques dans les radioactivités β ont des énergies réparties suivant des spectres continus qui s'étendent dans chaque cas jusqu'à une limite supérieure E_0. Comme le montre notamment la comparaison des dégagements d'énergie dans les deux suites de transformations qui relient le thorium C au thorium D (soit par le Th C′, soit par le Th C″), cette limite supérieure paraît correspondre à la différence des énergies internes, et par suite des masses, des atomes de la substance radioactive initiale et de ceux de la substance formée ([1]). Lorsqu'un noyau se transforme en émettant un électron ayant une énergie E quelconque du spectre continu, il y aurait donc, en apparence au moins, perte ou disparition de l'énergie $(E_0 - E)$, différence entre l'énergie de la transformation et l'énergie retrouvée sous forme cinétique. Aucun dégagement d'énergie sous d'autre forme n'a pu en effet être décelé, par exemple dans le cas typique du radium E, pour lequel l'échauffement d'un calorimètre dans lequel on le place correspond à l'énergie moyenne $\overline{E}$ des électrons émis et non à leur énergie maximum E_0.

On peut cependant penser, comme l'a proposé Pauli, qu'il y a conservation de l'énergie dans ces transmutations, en admettant que l'énergie perdue en apparence lors de l'émission d'un électron est associée à l'émission simultanée d'un corpuscule neutre de masse très petite, de pouvoir pénétrant, par suite très grand, qui pourrait être extrêmement difficile à observer. Pauli supposait que la masse de cette particule hypothétique, désigné par le nom de *neutrino*, était égale à celle de l'électron. Cependant l'énergie du champ électrique coulombien constitue certainement une part importante de la masse de l'électron, et il n'y a aucune raison pour qu'une

(1) C. D. Ellis et N. F. Mott, *Proc. Roy. Soc.*, **141**, 1933, p. 502.

particule neutre, même par ailleurs analogue à l'électron, ait une masse voisine de la sienne.

On peut essayer de déduire de la forme des spectres continus d'émission β une indication sur la valeur de cette masse inconue μ du neutrino. En effet si elle était égale à la masse m de l'électron, on s'attendrait à ce que le maximum d'intensité du spectre se produise pour un partage égal de l'énergie disponible entre l'électron et le neutrino. Or le maximum correspond toujours à une énergie inférieure à la moitié de l'énergie limite. N. F. Mott a suggéré que cela pouvait se comprendre si plusieurs neutrinos de masse m étaient émis en même temps que l'électron. Mais il semble plus simple d'expliquer ce fait en admettant que le neutrino a une masse plus petite que l'électron, et que l'éventualité la plus probable correspond à l'égalité des impulsions des deux particules émises, égalité qui serait toujours réalisée si l'électron et le neutrino se séparaient sans interaction avec d'autres corps, et qui ne le sera qu'en moyenne en présence du noyau atomique.

L'égalité d'impulsion entre l'électron et le neutrino s'écrit

$$\frac{m\beta c}{\sqrt{1-\beta^2}} = \frac{\mu\beta' c}{\sqrt{1-\beta'^2}},$$

βc et $\beta' c$ étant les vitesses de ces particules. Les énergies cinétiques correspondantes ont pour valeurs

$$E_m = mc^2\left(\frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}} - 1\right), \qquad E'_m = \mu c^2\left(\frac{1}{\sqrt{1-\beta'^2}} - 1\right),$$

et l'on doit avoir

$$E_m + E'_m = E_0.$$

On déduit de ces relations

$$E_m = \frac{1}{2} E_0 \frac{E_0 + 2\mu c^2}{E_0 + (\mu + m)c^2}.$$

Cette valeur E_m doit sans doute être comparée non à la valeur de l'énergie qui correspond au maximum d'intensité du spectre continu (valeur qui dépend d'ailleurs de la variable utilisée pour représenter ce spectre), mais à la valeur moyenne $\overline{E}$ de l'énergie des électrons émis. Pour le seul spectre β simple qui soit assez bien connu, celui du radium E, on a (à 10 pour 100 près sans doute) [1]

$$E_0 = 1,2.10^6 eV, \qquad \overline{E} = 0,36.10^6 eV.$$

---

[1] SARGENT, *Proc. Cam. Phil. Soc.*, 28, 1932, p. 550.

On ne peut rapprocher E_m de cette valeur $\bar{E}$ que si l'on prend $\mu = 0$, c'est-à-dire *si l'on suppose la masse intrinsèque du neutrino nulle* [1]; on trouve alors $E_m = 0,42.10^6$ eV pour le radium E, et l'on aurait, d'une façon générale,

$$E_m = \frac{1}{2} E_0 \frac{E_0}{E_0 + mc^2}.$$

Une masse intrinsèque nulle pour le neutrino exigerait qu'il ait toujours une vitesse égale à la vitesse c de la lumière, et que son impulsion s'obtienne, comme pour un photon, en divisant son énergie par sa vitesse c. Le neutrino serait ainsi plus analogue à un photon qu'à un électron, ou à un neutron; mais il s'en distinguerait au moins par l'absence du champ électromagnétique associé, champ qui détermine l'interaction avec les électrons.

Si le neutrino a une masse intrinsèque nulle on doit aussi penser qu'il ne préexiste pas dans les noyaux atomiques, et qu'il est créé, comme l'est un photon, lors de l'émission. Enfin il semble qu'on doive lui attribuer un spin 1/2 de façon qu'il puisse y avoir conservation du spin dans les radioactivités β et plus généralement dans les transformations éventuelles de neutrons en protons (ou inversement) avec émission en absorption d'électrons et de neutrinos.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur les anomalies dans les proportions des éléments et sur l'origine des corps radioactifs.* Note de MM. **W. M. Elsasser** et **K. Guggenheimer**, présentée par M. J. Perrin.

Les recherches sur la fréquence des éléments chimiques ont dégagé un fait remarquable : on trouve que les gaz nobles sont d'une extrême rareté, leur fréquence étant sans exception de 10^7 à 10^9 fois moins grande que celle de leurs éléments voisins respectifs [2]. Il existerait donc un rapport entre la fréquence des éléments et le système périodique, rapport très étrange, puisque la fréquence des éléments est certainement une fontion de la structure des noyaux. Tout d'abord, il est difficile de comprendre pourquoi ces éléments jouent à cet égard un rôle si particulier. L'hypothèse suivante se conçoit du point de vue de la physique nucléaire; nous la pro-

---

(1) Hypothèse envisagée aussi par Pauli, mais sans argument à l'appui.

(2) Pour la bibliographie, cf. par exemple : *Handbuch der Physik*, 22, art. Paneth; *Handbuch der Experimentalphysik*, 25, t. 2, art. Tamann et Kirsch.

posons aux astrophysiciens et aux géophysiciens. Supposons que la matière de notre système solaire contenait dans une phase antérieure et moins développée les gaz nobles en des proportions comparables à celles des autres éléments. Lors de la formation de notre terre par condensation d'une sphère gazeuse, les gaz nobles se seront rassemblés dans l'atmosphère. Au début de son existence, la terre doit avoir été couverte d'une atmosphère épaisse de gaz nobles, à laquelle ont peut attribuer, par une estimation grossière, une pression d'environ 10^3-10^5 kg/cm^2. Ce chiffre dépend de la quantité de gaz nobles enfermée dans la partie centrale et non refroidie de la terre. Sous des conditions normales, il n'est pas possible que des atomes plus lourds que ceux de l'hélium quittent le champ de gravité de la terre par diffusion dans l'espace vide. Il faut donc un procédé particulier qui aurait transformé l'atmosphère en son état actuel.

La découverte du neutron donne à l'astrophysique quelques suggestions nouvelles. La synthèse des éléments peut s'effectuer par un processus différent de ceux connus jusqu'ici : un neutron peut être capturé par un noyau (réaction fortement exothermique) et ce noyau peut changer ensuite de charge à l'aide d'une émission β. Ce processus peut se répéter un grand nombre de fois. Il ne faut pas, pour cette synthèse, les températures extraordinaires de l'intérieur des étoiles; la synthèse se produira surtout dans les vastes espaces interstellaires et à la surface des étoiles, pourvu qu'il y ait des neutrons libres dans l'univers.

Admettons qu'un rayonnement de neutrons tombe sur la terre. Les neutrons rencontreront d'abord les éléments de l'atmosphère et les transformeront de la manière mentionnée. Au cours de 3.10^9 ans (âge probable de la terre), une moyenne de 10^{11}-10^{13} neutrons/cm^{2}sec devrait être tombée sur la terre pour avoir détruit l'atmosphère des gaz nobles. Ce chiffre semble inadmissible pour un processus qui continue encore actuellement. C'est pourquoi nous devons probablement admettre que les neutrons forment des nuées cosmiques et que la terre a traversé une telle nuée tout au début de son existence. L'atmosphère aurait été rasée lors de cet événement, soit par des transformations nucléaires, soit par la diffusion dans le vide effectuée par l'échauffement subit. L'atmosphère actuelle d'azote et d'oxygène se serait formée plus tard en sortant du réservoir que constitue l'enveloppe solide de la terre pour ces éléments.

Voici des indications expérimentales en faveur de cette hypothèse. Il est bien connu que les éléments radioactifs doivent se trouver exclusivement dans l'écorce superficielle de la terre et non à l'intérieur, car autrement la

terre subirait un échauffement très intense et non en accord avec les observations. Par conséquent, les éléments radioactifs ne peuvent pas être d'origine primaire. Selon notre hypothèse les isotopes radioactifs du potassium et du rubidium sont les produits de la réaction des gaz nobles argon et krypton, composants de l'atmosphère primitive, avec les neutrons. En effet, ces isotopes (K41 et Rb87) diffèrent exactement par une unité de masse des isotopes les plus lourds des gaz nobles correspondants (Ar 40 et Kr86). Il est d'ailleurs probable qu'une nuée de neutrons contient des éléments radioactifs lourds comme le thorium et l'uranium. Car, si un peu de matière, par exemple un météore, pénètre dans une telle nuée, les noyaux se transformeront bientôt en des noyaux les plus lourds possibles, grâce aux conditions particulièrement favorables pour le processus mentionné de transformation nucléaire. Ces éléments se seront ensuite déposés à la surface de la terre lors du passage à travers la nuée. Comme la matière primaire n'a probablement pas contenu de radioéléments, les périodes correspondant à la synthèse de cette matière primaire, peuvent être très longues par rapport à la durée de vie de tous les corps radioactifs connus.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *L'annihilation des positrons au contact de la matière et la radiation qui en résulte.* Note de M. **Jean Thibaud**, présentée par M. Maurice de Broglie.

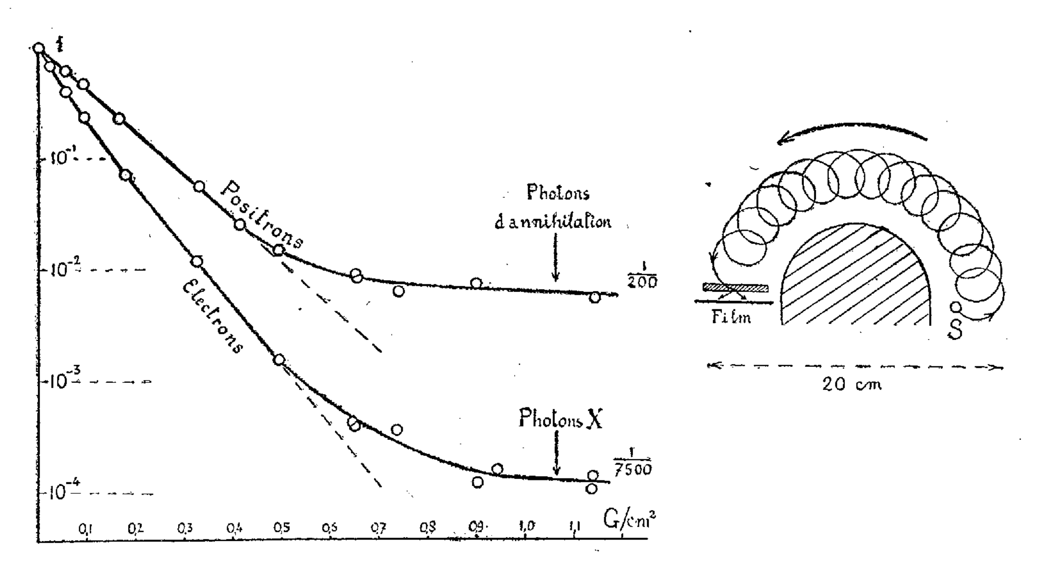
La rareté relative des positrons n'est explicable qu'en attribuant à ces corpuscules une vie moyenne suffisamment courte : le positron, à la différence de l'électron, s'annihilerait en traversant la matière, avec transformation totale de la masse en radiation. L'observation de ces photons de dématérialisation, très pénétrants (au moins 500 KVe) paraît impraticable avec l'appareil de Wilson; la seule méthode possible, par son grand rendement en positrons, est celle des trajectoires trochoïdales [1] : les photons cherchés doivent se manifester dans l'analyse des courbes d'absorption de positrons obtenues de la manière indiquée [2].

A. Il est à prévoir que le positron, en se déplaçant parmi les électrons atomiques subira des diffusions multiples, à la façon d'un électron (aborption par diffusion avec excitation des atomes traversés). On doit s'attendre à la production d'un spectre X (raies

(1) *Comptes rendus*, **197**, 1931, p. 447; *Nature, London*, **32**, 1933, p. 480.
(2) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 915.

caractéristiques et radiation générale). Dans nos expériences, l'énergie moyenne des positrons est de 800 KVe, la radiation générale se trouvera développée vers les courtes longueurs d'onde, avec un maximum spectral un peu après 500 KVe. Ces photons X pourraient être confondus avec la radiation d'annihilation recherchée; toutefois les intensités relatives doivent être différentes, l'intensité globale d'annihilation devant représenter la presque totalité de l'énergie des positrons incidents, tandis que le spectre X est émis avec un rendement variable qui peut dépasser 0,1 pour les positrons de 1000 KVe, dans un absorbant lourd. Nous ne connaissons pas le rendement moyen pour la distribution hétérogène de vitesses de nos positrons.

Le plus sûr, pour éviter une confusion, est de mesurer, comparativement



à l'effet des positrons, l'intensité X globale produite par une distribution d'électrons rapides, enroulés en trochoïdes.

B. Le dispositif a été décrit ([1]). La source est un tube de Rdth entouré d'un radiateur mince de plomb : en changeant le sens du champ magnétique on forme alternativement sur le film la raie spectrale de positrons ou celle d'électrons. L'absorbant (platine en lames) est au contact du film. Les clichés sont développés dans les mêmes conditions et les densités mesurées au microphotomètre. Les courbes traduisent, en fonction des masses superficielles, les logarithmes des intensités rapportées à l'intensité primaire de positrons, ou d'électrons, en l'absence d'absorbant ([2]).

([1]) *Loc. cit.*

([2]) L'intensité primaire d'électrons est près de 200 fois celle des positrons.

1. Jusqu'à 500^{ms}, pour les positrons comme pour les électrons, absorption d'allure exponentielle, à représentation *rectiligne* (loi simple d'absorption globale d'un rayonnement hétérocinétique); le coefficient μ/ρ est plus grand pour les électrons ($\times 1,6$). Cette région correspond, pour les positrons, au processus de *diffusion* avec ralentissement et émission X.

2. Au delà de 500^{ms}, relèvement des courbes, correspondant à la faible absorption des photons de choc produits dans le platine. Le fait essentiel est que les intensités observées sont complètement différentes : les photons dus aux positrons abandonnent dans le film 1 : 180 de l'intensité de positrons primaires, tandis que la radiation X, due aux électrons, ne laisse que 1 : 7500 de l'énergie initiale de ces électrons. On en conclut qu'en traversant la matière, les positrons produisent une radiation nouvelle, pénétrante, environ 40 *fois* plus intense que celle qui proviendrait du choc d'électrons et qui ne peut résulter du seul processus X.

3. L'énergie abandonnée dans le film, dans notre expérience, par des photons de 500 KVe, peut être estimée à 0,5 pour 100 de l'énergie *photonique* initialement produite par impact sur l'absorbant [emploi des fonctions $\Phi(\mu x)$]. C'est là, sensiblement, la fraction de l'énergie primaire de *positrons* que nous avons mesurée (1 : 180). La transformation positron-photon se ferait avec le rendement unité, la totalité (ou presque) de l'énergie primitive du faisceau de positrons apparaissant en radiation.

4. Le quantum moyen des photons nouveaux peut être déduit de nos mesures d'absorption de ce rayonnement, faites par deux méthodes : *a*, entre 0,8 et $1^{g},45$ d'absorbant par enregistrement photographique, le coefficient μ/σ tend vers la valeur 0,2 ; *b*, par numération directe des photons à l'aide d'un compteur G. M. remplaçant le film.

Le coefficient μ/ρ obtenu est un peu inférieur au précédent et correspond à des photons de 500 KVe; c'est justement là ce que l'on doit attendre de l'annihilation d'un positron.

5. De la courbe, on déduit aussi la portée moyenne de nos positrons dans le platine : 580^{mg}. La vie moyenne de nos positrons hétérocinétiques serait de $\sim 1,2.10^{-8}$ sec. dans l'air normal; ceci est assez court pour que les positrons aient pu jusqu'ici échapper à l'observation.

6. Ces résultats constituent le premier test expérimental en faveur d'un processus, bien des fois envisagé, d'annihilation de la matière. Le positron, si voisin de l'électron par ailleurs, s'en distinguerait par sa vie brève, terminée par une dématérialisation avec rayonnement, probablement par rencontre d'un électron. Ceci nous rapproche de la théorie de l'anti-

électron (Dirac), considéré comme un « trou » d'une distribution continue, dont le remplissage par un électron donnerait lieu à l'émission d'un photon de recombinaison.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur le couple partiellement miscible aniline-eau.* Note de M. **Paul Mondain Monval** et de Mlle **Hélène Schlegel**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

On sait que les mélanges d'eau et d'aniline se séparent en deux couches à la température ordinaire, ces deux substances formant un couple partiellement miscible. Leur miscibilité augmente d'ailleurs lorsque la température s'élève pour devenir totale au delà de 168°, point critique supérieur de la courbe de solubilité réciproque.

Au cours de l'élévation de température, il est facile d'observer un phénomène intéressant qui n'est autre que l'inversion de densité des deux couches conjuguées. Vers 15°, c'est la couche riche en aniline qui est la plus dense. Lorsque la température, en s'élevant, atteint 80°, on voit cette couche gagner la partie supérieure en faisant place à la couche aqueuse qui vient occuper, à son tour, le fond du récipient où se fait l'expérience. En opérant dans un vase cylindrique de diamètre suffisant (12 à 15^{cm}) lentement échauffé par un bain d'eau extérieur, on peut en outre observer la modification progressive du ménisque de séparation qui présente, au voisinage de la température d'inversion, de très curieux aspects.

Il nous a paru intéressant, d'une part, de préciser par des mesures le point d'inversion des densités, d'autre part, d'étudier les conséquences de cette inversion sur la tension interfaciale, à la séparation des deux couches.

1° Nous avons déterminé les densités des couches conjuguées dans l'intervalle 25°-95°. A cet effet, l'eau et l'aniline étaient longuement agitées, en vase clos, au thermostat, puis abandonnées pendant plusieurs heures à température constante afin de permettre une séparation complète des deux couches. La densité de chacune d'elles était alors déterminée avec un pycnomètre préalablement étalonné.

On voit sur le diagramme ci-dessous les courbes représentatives des densités ainsi mesurées. Elles s'intercoupent à 77°, température du point d'inversion où les densités des deux couches sont égales. Au-dessous de cette température, c'est la couche d'aniline qui est la plus dense. Au-dessus, c'est la couche aqueuse.

2° Il résulte de cette identité des densités des deux couches conjuguées, puis de leur inversion, quelques conséquences curieuses au point de vue de la tension interfaciale.

Soit un semblable mélange séparé en deux couches. Immergeons verticalement un

tube semi-capillaire de longueur telle que son extrémité inférieure plonge dans la couche la plus dense et son extrémité supérieure dans la couche la plus légère (*fig.* A). La dénivellation h observée est liée à la tension interfaciale T (différence des tensions

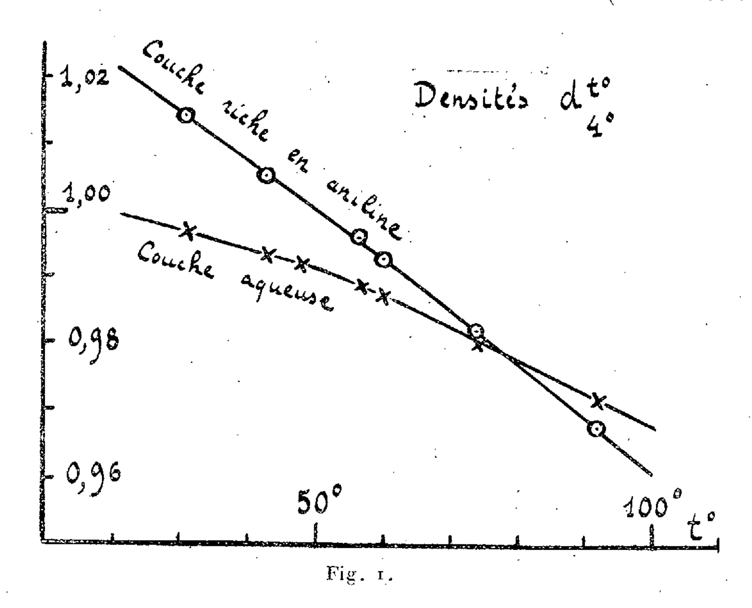


Fig. 1.

superficielles) et à l'écart (D — D′) des densités des deux couches, par la relation

$$h = K\frac{T}{(D - D')} \quad (K = \text{constante de l'appareil}).$$

La tension interfaciale diminue d'une façon sensiblement linéaire lorsque la température s'élève, pour s'annuler au point critique (+168°). Il résulte de l'inversion des

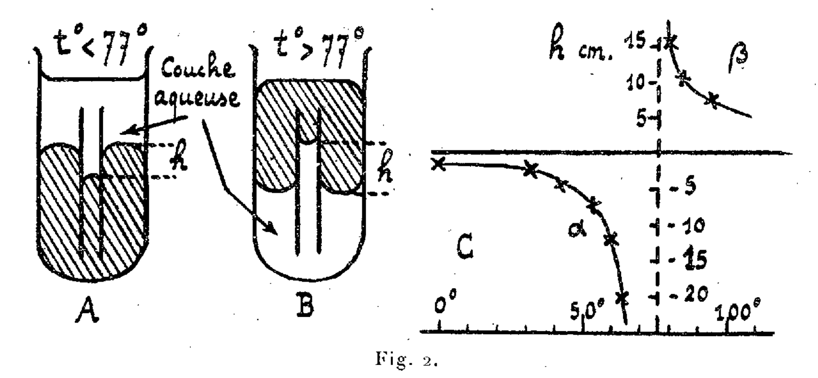


Fig. 2.

densités que, lorsque la température s'élève de 20° à 168°, h doit croître en valeur absolue, devenir infini lorsque (D — D′) s'annule, puis changer de signe et décroître jusqu'à s'annuler au point critique.

En mesurant au cathétomètre les dénivellations h dans un tube ($d = 2^{mm},54$, $l = 200^{mm}$) entre 0° et 95°, nous avons pu constater le bon accord entre l'expérience et les conclusions précédentes dans les limites permises par la longueur de notre tube. Le graphique C résume ces mesures. La courbe α correspond au cas de figure A, la courbe β au cas B, au-dessus de 77°.

On peut se demander la signification physique de ce passage par l'infini, avec changement de signe, de la dénivellation h. L'observation des faits, au cours du refroidissement de préférence, en donne une illustration concrète parfaitement satisfaisante. Partant de 95°, par exemple, l'appareil présente l'aspect de B. La température s'abaissant, le ménisque intérieur s'élève progressivement jusqu'à atteindre l'orifice supérieur du tube central. On voit alors se former à cet orifice des gouttes de solution aqueuse qui gonflent, puis se détachent et viennent flotter, par suite de leur légèreté relative, à la surface de la couche riche en aniline. Peu à peu, la totalité de la couche aqueuse se transporte par cette voie de la partie inférieure du récipient à sa partie supérieure pendant que la couche d'aniline vient la remplacer au fond du récipient. Vers 60°, l'appareil a pris l'aspect de A, le ménisque intérieur s'élevant lentement à mesure que la température s'abaisse. La comparaison des figures A et B montre immédiatement le changement de signe de h.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les alliages ternaires magnésium-zinc-calcium.* Note de M. **René Pâris**, présentée par M. H. Le Chatelier.

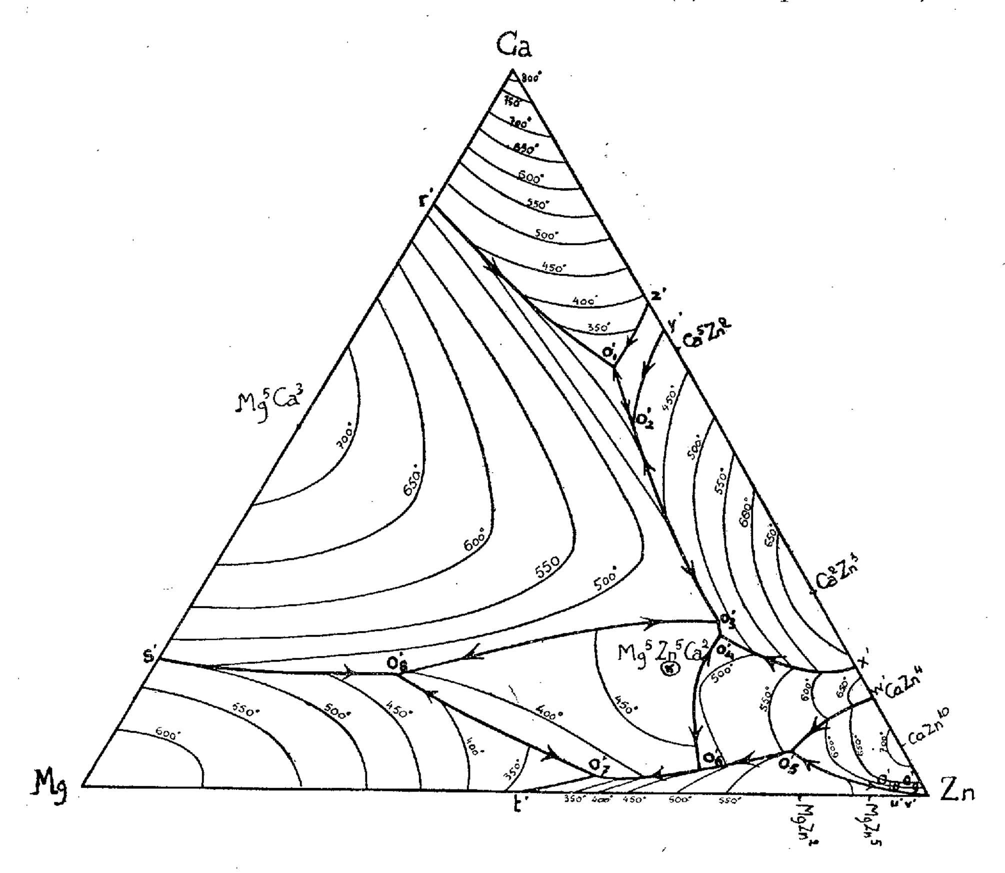
Dans le but d'obtenir des alliages ultralégers à base de magnésium, nous avons, sur l'initiative et grâce à l'appui matériel du Service des Recherches de l'Aéronautique, étudié le système ternaire magnésium-calcium-zinc.

Les trois métaux étaient fondus, à l'abri de l'air, dans des creusets de fer hermétiquement clos par un bouchon à vis. Une fois fondus, on les mélangeait intimement par le basculage répété du creuset, ce qui assurait une parfaite homogénéité. La température était repérée par un couple chromel-1-alumel-1 enfoncé dans une gaîne de fer jusqu'au centre du creuset.

Analyse thermique. — Nous avons tout d'abord repris l'étude des alliages binaires, ce qui nous a permis de préciser et de corriger les diagrammes obtenus par nos prédécesseurs. Nous avons trouvé ainsi pour le système magnésium-calcium une courbe d'équilibre légèrement différente de celle tracée par Baar (¹); la combinaison définie qui correspond au maximum du liquidus contient 50 pour 100 de calcium, ce qui nous a amené à lui

(¹) Baar, *Zeits. f. anorg. Chem.*, 70, 1911, p. 362.

attribuer la formule Mg^5Ca^3 (49, 7 pour 100 Ca) au lieu de Mg^4Ca^3 (55 pour 100 Ca) indiquée par Baar. Pour le système calcium-zinc, nous avons mentionné dans une publication antérieure (1) les divergences qu'ont présentées nos résultats avec ceux de Donski (2); en particulier, nous



avons pu mettre en évidence l'existence d'une combinaison définie de formule Ca^5Zn^2 non signalée par Donski et montrer que la combinaison Ca^5Zn correspond à une interprétation inexacte de ses courbes de refroidissement. Pour le système magnésium-zinc, nous avons recoupé les résultats de Chadwick (3) et Rothery-Ronnsefell (4).

---

(1) Mondain Monval et Pâris, *Bull. Soc. Chim.*, 51, 1931, p. 41.
(2) Donski, *Zeits. f. anorg. Chem.*, 57, 1908, p. 189.
(3) Chadwick, *J. Inst. of Metals*, 39, 1928, 285.
(4) H. Rothery et Ronnsefell, *J. Inst. of Metals*, 41, mars 1929.

Le diagramme thermique complet du système ternaire a été ensuite exploré suivant le processus habituel consistant à tracer des coupes verticales convenablement choisies. Seize sections verticales ont été tracées, comportant en tout l'étude de 189 courbes de refroidissement.

Nous donnons ci-contre la projection des isothermes du liquidus. On y remarque 11 nappes de cristallisation primaire énumérées ci-dessous :

Nature des cristaux primaires.	Projections des limites de la nappe.	Nature des cristaux primaires.	Projections des limites de la nappe.
Ca	$Ca\,r'o'_1 z'\,Ca$	$CaZn^4$	$x'o'_4 o'_6 o'_5 w'x'$
Mg	$Mg\,s'o'_8 o'_7 t'\,Mg$	$CaZn^{10}$	$w'o'_5 o'_{10} o'_9\,Zn\,w'$
Zn	$Zn\,o'_9 v'\,Zn$	$MgZn^2$	$t'o'_7 o'_6 o'_5 o'_{10} u't'$
Mg^5Ca^3	$r'o'_1 o'_2 o'_3 o'_8 s'r'$	$MgZn^5$	$u'o'_{10} o'_9 v'u'$
Ca^6Zn^2	$y'o'_2 o'_1 z'y'$	$Mg^5Zn^5Ca^2$	$o'_3 o'_4 o'_6 o'_7 o'_8 o'_3$
Ca^2Zn^3	$y'o'_2 o'_3 o'_4 x'y'$		

Une grande partie du diagramme correspond au dépôt primaire de la combinaison définie Mg^5Ca^3. La combinaison ternaire $Mg^5Zn^5Ca^2$ révélée à la fois par l'étude thermique et la métallographie, se présente sous la forme de gros cristaux polygonaux, inattaquables à l'acide nitrique, fondant sans décomposition à 495°.

Étude métallographique. — La structure de chacun des alliages étudiés fut examinée au microscope, après polissage et attaque de l'échantillon par l'acide nitrique très dilué. L'examen des différentes micrographies nous a permis de confirmer les résultats de l'analyse thermique et de caractériser les différentes phases en équilibre.

Propriétés des alliages. — Au point de vue de leurs caractéristiques dominantes, les alliages Mg — Zn — Ca peuvent être classés en trois catégories : 1° les alliages riches en calcium (à partir de 30 pour 100 de Ca) s'oxydent et se désagrègent à l'air humide; 2° les alliages riches en zinc (à partir de 40 pour 100 de Zn) sont peu oxydables, mais étant donnée la fragilité des combinaisons qui les constituent, ils sont durs, cassants et ne se laissent pas travailler; 3° les alliages riches en magnésium sont, comme ce dernier, très légers, peu oxydables, faciles à travailler. Ce ne sont pas toutefois, pour la plupart, des alliages à phase unique; car la zone d'existence de la solution solide très riche en Mg ne dépasse pas, à la température ordinaire, une teneur de 1 pour 100 en chacun des deux autres métaux.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Variations de volume des mélanges d'eau, alcool éthylique, éther.* Note (¹) de M. **Pierre Brun**, présentée par M. G. Urbain.

Nous nous sommes efforcé, ces dernières années, de démontrer expérimentalement que la notion de continuité peut être étendue au cas de la miscibilité des liquides (²). Sans vouloir généraliser à l'excès, nous pouvons dire que, dans les exemples particuliers que nous avons étudiés, ce principe mathématique a été bien vérifié. Cependant certains auteurs (³), se fondant sur des expériences effectuées avec d'autres mélanges (même des mélanges réagissant chimiquement), ont cru pouvoir généraliser leurs résultats et affirmer, au contraire, que la miscibilité critique est sans influence sur les propriétés des mélanges liquides.

Il est évident que, si l'on considère des propriétés additives (telles que les densités ou les chaleurs spécifiques des mélanges considérés, par exemple), l'influence de la miscibilité critique peut ne pas apparaître sur le graphique représentant les variations de la propriété considérée. Cependant, si l'on considère des propriétés non additives, ou les différences entre les valeurs obtenues expérimentalement et les valeurs fournies par la règle des mélanges, l'influence de la miscibilité critique apparaît d'une façon indiscutable sur le graphique.

A titre de confirmation de nos expériences, nous avons voulu refaire les mêmes calculs en nous servant des résultats publiés par d'autres auteurs (donc résultats obtenus sans idée préconçue). Nous avons choisi précisément le mélange eau/alcool éthylique/éther, mélange qui nous était opposé par notre contradicteur.

A partir des chiffres donnant les densités de ces mélanges en fonction des concentrations (⁴), nous avons déterminé les variations de volumes correspondant au moyen de la formule classique :

$$V \text{ mesuré} = 100/D.$$

$$V \text{ calculé} = \frac{x}{d_1} + \frac{y}{d_2} + \frac{z}{d_3} \qquad \text{et} \qquad \Delta V = V_c - V_m.$$

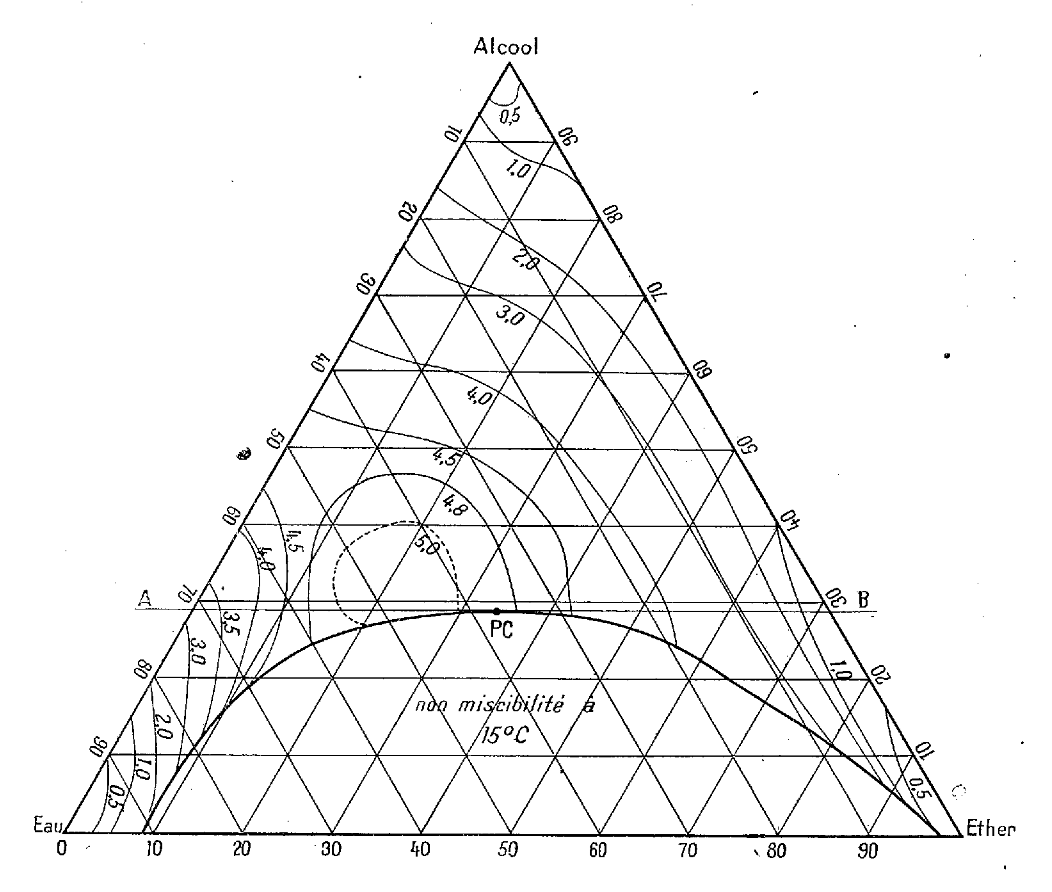
(¹) Séance du 4 décembre 1933.

(²) P. Brun, *Comptes rendus*, 180, 1925 et sq., p. 1745.

(³) Mondain-Monval, *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 1104; *J. Chim. Phys.*, 30, 1933, p. 195.

(⁴) Sanfourche et Boutin, *Bul. Soc. Chim.*, 21, 1926, p. 546.

Nous ne pouvons donner ici tous les résultats de nos calculs, et nous nous bornerons à présenter le graphique qui les traduit.



Ainsi que nous l'avons fait pour tous les graphiques que nous avons publiés antérieurement, menons un plan normal au plan du triangle et tangent au point critique C : sa projection est A, B, C. Un simple examen du triangle ci-joint montre que la section par ce plan, de la nappe représentative de la variation de la propriété considérée présente en C une portion sensiblement rectiligne. Il y a donc continuité dans la zone critique : c'est ce que nous avions toujours affirmé.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur l'existence des acides pyro- et méta-arséniques.* Note de M. V. AUGER, présentée par M. G. Urbain.

A la suite des travaux de Kopp (1), Auger (2), Simon et Tahler (3), il semblait bien établi que les seuls hydrates arséniques qu'on ait pu isoler étaient : $As^2O^5 7H^2O$, $As^2O^5 4H^2O$ et $3As^2O^5 5H^2O$. Les acides ortho-, pyro- et méta-arséniques décrits par Kopp étaient considérés par Auger comme non existants.

Un travail de A. Roseinheim et H. Antelmann (4) semble tout remettre en question, car ces chimistes, après avoir décrit la préparation et les propriétés d'un acide pyro-arsénique, admettent que, par chauffage au-dessus de 180°, la solution arsénique donne naissance à l'acide méta-arsénique de Kopp.

Nous avons donc dû reprendre l'étude de ces deux hydrates en tenant compte des conditions dans lesquelles ces deux hydrates auraient été obtenus.

I. *Acide pyroarsénique.* — Il se formerait par évaporation à 170°-180° de la solution arsénique. Croûtes cristallines déliquescentes, ne perdant leur eau qu'au-dessus de 155°, et qui, à 165°, n'en abandonnent que 1,5 pour 100. Il serait ainsi nettement différent du produit que nous avons décrit, qui perd de l'eau à 135° à l'étuve, et même à 120° dans le vide.

L'étude du dépôt cristallin obtenu en suivant les indications de Rosenheim et Anselmann, et d'un échantillon que M. A. Rosenheim a eu l'obligeance de nous envoyer, nous a permis de constater l'identité de ce produit avec l'hydrate $3As^2O^5 5H^2O$.

4g,583 du produit échantillon perdent 0g,081 après 24 heures de chauffage à 100°; poids invariable à 125° et à 130°; perte de 6mg en 24 heures à 135°; 50mg en 6 heures à 145°; 250mg en 12 heures à 150°.

Le produit séché à 125° a donné à l'analyse, par pesée de $As^2O^7Mg^2$, ou par déshydratation en As^2O^5, ou enfin par pesée de AsO^4Ag^3 les chiffres correspondant à $As^3O^{10}H^5$ à $\pm$ 0,2 pour 100 près.

Ajoutons que l'analyse de produits cristallisés obtenus par nous en

(1) *Annales de chimie et de physique*, **48**, n° 3, 1856, p. 106.
(2) *Comptes rendus*, **146**, 1908, p. 585.
(3) *Zeitschrift für anorgan. Chemie*, **161**, 1927, p. 143.
(4) *Loc. cit.*, **187**, 1930, p. 385,

évaporant les solutions arséniques, et prélevés à 120°, 140°, 160°, 180° ont donné les mêmes résultats.

Nous ne pouvons nous expliquer la différence des résultats analytiques que par l'emploi, par Rosenheim et Antelmann, d'un produit insuffisamment desséché.

II. *Acide métarsénique* AsO^3H. — Kopp le décrit comme une masse d'un blanc éclatant, qui se forme en chauffant la solution arsénique au-dessus de 180°.

Rosenheim et Antelman ne sont pas parvenus à isoler le produit pur, mais néanmoins s'associent à l'opinion de Kopp, qu'ils considèrent comme très probable. Nous avions émis l'opinion contraire en nous basant sur ce fait que, au-dessus de 135°, l'hydrate $As^3O^{10}H^5$ perd de l'eau régulièrement et fournit As^2O^5 sans qu'on puisse distinguer un point singulier dans la courbe de déshydratation.

Toutefois Tammann, consulté par A. Rosenheim, ayant répondu que « la méthode de démolition thermique d'un hydrate ne permet pas de conclure à la possibilité d'existence de tous les hydrates du système », je me suis efforcé d'isoler la matière blanche cristalline formée à 180°. Après bien des échecs, j'y suis parvenu en délayant la masse, de consistance crêmeuse, dans l'acide acétique cristallisable. La masse fluide, encore très chaude, a été essorée au vide, sur filtre de verre fritté et lavée à l'acide acétique, puis au benzène. Le produit blanc, microcristallin, resté sur le filtre, a été desséché à l'étuve à 120°. L'analyse a fourni avec $1^g,510$ de produit : $6^g,035$ de AsO^4Ag^3, calculé pour As^2O^5 : $6^g,080$, soit $-0,74$ pour 100. Si l'on calcule pour AsO^3H, on trouve $+6,5$ pour 100. Il est donc évident que la substance formée à 180° est de l'anhydride arsénique.

Conclusion. — Les acides ortho-, pyro- et méta-arséniques n'ont pas encore été obtenus jusqu'ici.

CHIMIE MINÉRALE. — *De l'action du tétrachlorure de vanadium sur quelques chlorures anhydres.* Note de M. **André Morette**, présentée par M. G. Urbain.

Quelques chlorures doubles ou complexes du vanadium et des métaux alcalins ont été signalés par divers auteurs; la plupart ont été obtenus par

la voie aqueuse ([1]), et seul le trichlorure de vanadihexammine résulte de l'action du trichlorure de vanadium sur l'ammoniac liquide ([2]).

Nous nous sommes proposé de rechercher si l'action directe des vapeurs de tétrachlorure de vanadium sur des chlorures anhydres non réducteurs ne conduirait pas à des sels qui seraient ainsi préparés sans l'intervention de l'eau, et permettraient peut-être l'obtention facile du vanadium pur ou de ses alliages.

Dans tous nos essais, le tétrachlorure de vanadium utilisé était produit dans l'appareil même par l'action du chlore sur la fonte de vanadium, les vapeurs formées étant entraînées par le chlore en excès. Le chlorure métallique anhydre était chauffé dans cette atmosphère à des températures déterminées. A la fin de chaque opération, la substance était abandonnée au refroidissement, soit en présence des vapeurs de tétrachlorure, soit dans un courant de chlore pur.

Un grand nombre de chlorures anhydres ont été essayés, parmi lesquels les chlorures de sodium, lithium, calcium, strontium, baryum, magnésium, zinc, manganèse, le chlorure chromique, les chlorures d'argent et de plomb n'ont jamais subi aucune transformation, et ont conservé leur aspect initial; l'absence du vanadium y a été vérifiée.

Seuls, les chlorures de potassium, rubidium et cœsium ont subi une augmentation de poids et ont absorbé une quantité notable de chlorure de vanadium. Le produit qui a pris naissance est de couleur marron plus ou moins foncé, rosé et assez stable à l'air dans le cas du potassium, violacé et légèrement hygroscopique dans celui du rubidium et du cœsium. Le contenu de la nacelle, mis en présence de l'eau à froid, donne une solution marron, limpide avec le composé du potassium, légèrement trouble avec celui du rubidium, et présentant un véritable dépôt avec celui du cœsium; mais il suffit de chauffer très peu pour que dans tous les cas la liqueur soit parfaitement limpide; en outre, la solution aqueuse devient verte immédiatement par acidification, ou lentement par hydrolyse, et finalement bleue par oxydation à l'air.

Nous avons étudié systématiquement les conditions de formation des substances ainsi obtenues et leur composition.

L'augmentation du poids du contenu de la nacelle est d'autant plus

([1]) LOCKE et EDWARDS, *Am. Chem. Journal.*, 20, 1898, p. 594; STAHLER, *Ber. d. chem. Ges.*, 37, 1906, p. 4411.

([2]) MEYER et BACKA, *Zeit. anorg. Ch.*, 135, 1924, p. 177.

grande que le chlorure alcalin est plus finement divisé, et que la masse mise en œuvre est plus petite pour une même surface d'exposition; elle atteint rapidement une limite en fonction du temps à une température donnée. L'absorption est maximum au voisinage de 400° pour les trois sels. La teneur en vanadium est liée à la tension du tétrachlorure dans le courant de chlore.

Enfin, voici quelques données numériques concernant ces recherches :

Température de formation.	Durée de l'action de Cl^4V.	Poids initial du chlorure.	Augmentation de poids (%).	Composition atomique.
		Chlorure de potassium.		
300°	0h30m	0,6250	29,8	ClK, 0,139 $Cl^{3,03}V$
400	30	0,6255	67,1	ClK, 0,305 $Cl^{3,16}V$
500	30	0,6279	63,2	ClK, 0,288 $Cl^{3,15}V$
500	2	0,6210	66,4	ClC, 0,301 $Cl^{3,18}V$
500	30	0,1504	67,8	ClK, 0,315 $Cl^{3,14}V$
600	30	0,6148	11,8	ClK, 0,061 $Cl^{3,00}V$
		Chlorure de rubidium.		
300	30	0,6183	27,5	ClRb, 0,200 $Cl^{3,07}V$
400	30	0,6047	44,0	ClRb, 0,330 $Cl^{3,10}V$
500	30	0,6263	43,1	ClRb, 0,326 $Cl^{3,11}V$
600	30	0,6219	39,9	ClRb, 0,304 $Cl^{3,08}V$
		Chlorure de coesium.		
300	30	0,4586	24,0	ClCs, 0,252 $Cl^{2,01}V$
400	30	0,4670	59,2	ClCs, 0,613 $Cl^{3,13}V$
500	30	0,4594	35,1	ClCs, 0,363 $Cl^{3,11}V$
600	30	0,4524	25,7	ClCs, 0,287 $Cl^{2,97}V$

Il découle nettement de ces résultats que :

1° la proportion de vanadium susceptible d'être absorbée par molécule de chlorure alcalin est sensiblement la même pour le potassium et le rubidium, et beaucoup plus grande pour le cœsium;

2° lorsque l'augmentation de poids du chlorure alcalin mis en œuvre ne dépasse pas 30 pour 100 environ, le rapport Cl/V combinés est voisin de 3, ce qui correspond à une fixation de trichlorure de vanadium;

3° si l'augmentation de poids est plus grande, ce rapport devient supé-

rieur à 3, ce qui conduit à admettre l'intervention du tétrachlorure de vanadium;

4° la combinaison ou solution de chlorure de vanadium dans le chlorure alcalin chauffée dans un courant de chlore perd rapidement une quantité notable de vanadium; d'autre part, au-dessus de 400°, cette perte s'effectue même en présence de tétrachlorure de vanadium. On peut donc admettre que le chlorure alcalin sert de support à la réaction réversible :

$$Cl^4V \rightleftharpoons Cl^3V + Cl,$$

déjà signalée comme se produisant spontanément au rouge sombre [1].

Il est en outre intéressant de mettre en évidence que, parmi les chlorures métalliques expérimentés, seuls, dans les conditions de nos expériences, ceux de potassium, rubidium et cœsium donnent lieu à ces phénomènes.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur le produit résultant de l'action de l'ammoniac sur le pentachlorure de phosphore.* Note de MM. **Henri Moureu** et **Paul Rocquet**, présentée par M. Camille Matignon.

On sait depuis fort longtemps que le gaz ammoniac jouit d'une affinité très grande vis-à-vis du pentachlorure de phosphore, sur lequel il réagit avec un vif dégagement de chaleur. La substance qui en résulte répondrait à la composition $PCl^5.8NH^3$ [2] ou $PCl^5.10NH^3$ [3], et conduit au phospham PN^2H si on la soumet à l'action de la chaleur à l'abri de l'humidité [4].

Pour expliquer les propriétés observées, Gerhardt admettait la formation simultanée d'une trichlorophosphodiamide $PCl^3(NH^2)^2$ et de chlorure d'ammonium. Dans un travail plus récent, Perpérot [3] suppose que la réaction primaire conduit plutôt à une phosphopentamide $P(NH^2)^5$. Toutefois, la formation de l'un ou l'autre de ces composés phosphorés n'ayant pas été mise directement en évidence, la nature vraie du produit d'action de l'ammoniac restait à élucider.

Entreprises sur les conseils de M. C. Matignon, les premières expé-

(1) Ruff et Lickfett, *Ber. d. chem. Ges.*, 44, 1911, p. 509.
(2) Besson, *Comptes rendus*, 114, 1892, p. 1264.
(3) Perpérot, *Bull. Soc. Chim.*, 37, 1925, p. 1540.
(4) Gerhardt, *Ann. Chim. Phys.*, 18, 1846, p. 188.

riences que nous présentons nous ont permis d'isoler le terme final (corps A) de l'action de l'ammoniac sur le pentachlorure de phosphore; sans donner encore l'explication complète de la réaction, elles apportent quelques éclaircissements à son processus et à celui des réactions qui en dérivent.

Technique employée. — Des essais préalables nous ont permis de reconnaître l'extrême altérabilité du corps A par action de l'humidité. Il était donc indispensable, pour essayer d'isoler ce composé, de réaliser dans un même appareil entièrement clos, et en une seule série d'opérations, la réaction de l'ammoniac sur le pentachlorure de phosphore et la séparation des produits qui en résultent.

L'appareillage conçu à cet effet consiste essentiellement en un vase contenant une cartouche filtrante, dans laquelle est introduit le pentachlorure de phosphore préalablement purifié par sublimation. Le gaz ammoniac, soigneusement désséché, est amené au contact du pentachlorure de phosphore, que l'on refroidit à une température de — 50° environ afin de modérer la réaction. Dès que cesse la fixation du gaz ammoniac, on achève la réaction avec de l'ammoniac liquéfié que l'on recueille, après passage sur le produit global, dans un second vase où il abandonne par évaporation du chlorure d'ammonium dissous. On recueille, après extraction complète, le corps A, seul dans la cartouche, tandis que l'on sépare, à l'état de chlorure d'ammonium, la totalité du chlore présent dans le pentachlorure de phosphore mis en œuvre.

Le corps A. — C'est une substance blanche, d'aspect amorphe même au microscope, difficilement maniable en raison de la sensibilité qu'elle manifeste à l'action de l'humidité qui la transforme rapidement.

D'après sa composition centésimale [1] et certaines propriétés qu'il manifeste, le corps A répond à une formule simple PN^3H^4, qui nous paraît être celle d'un diimidoamidure $P(NH)^2NH^2$, dont la formation peut être formulée par l'équation

$$PCl^5 + 8\,NH^3 = P(NH)^2NH^2 + 5\,NH^4Cl.$$

Notons, en outre, que certaines particularités observées au cours de la préparation du corps A conduisent à penser qu'il existe, entre le pentachlorure de phosphore initial et le terme final obtenu, un composé intermé-

---

[1] Trouvé : P, 39,25; 39,2; N, 53,6; 53,7. Calculé : P, 40,2; N, 54,54. Rapport azote/phosphore : trouvé, 3,02.

diaire plus riche en azote, qui donnerait naissance au corps A par perte d'ammoniac. Ce composé, dont nous essayons actuellement de manifester l'existence, n'est toutefois pas isolable en raison de sa facile dissociation et de sa solubilité dans l'ammoniac liquide.

Le phospham. — En soumettant le corps A à l'action de la chaleur sous le vide de la trompe à mercure, on observe, dès la température de 50°, un dégagement de gaz ammoniac qui va en s'accélérant à mesure que l'on élève la température. La réaction est complète dès que l'on atteint une température de 350-400° et qu'on la maintient durant une centaine d'heures. La quantité de gaz ammoniac recueilli est alors de 1^{mol} (trouvé 0,99) pour 1^{mol} de corps A mis en œuvre, et le composé phosphoré restant n'est autre que du phospham PN^2H

$$P(NH)^2NH^2 = PN^2H + NH^3.$$

Le corps A doit donc être considéré comme la substance mère du phospham dans la réaction envisagée primitivement par les différents savants qui nous ont précédés dans cette étude.

L'azoture de phosphore. — Le phospham ne paraît être lui-même qu'un terme intermédiaire de la décomposition du corps A sous la seule action de la chaleur. Si l'on poursuit le chauffage du phospham sous le vide de la trompe de mercure, on observe, à partir d'une température voisine de 480°, un nouveau dégagement de gaz ammoniac, beaucoup moins rapide toutefois que le précédent; la réaction se poursuit régulièrement, mais lentement, jusqu'à la température de 700° environ, à laquelle on voit apparaître simultanément de l'azote parmi les gaz recueillis, et du phosphore à la surface du produit mis en réaction. Ces caractères conduisent à admettre que le phospham s'est partiellement transformé en azoture de phosphore P^3N^5

$$3PN^2H = P^3N^5 + NH^3$$

qui, à la température considérée, et sous la basse pression à laquelle on opère, subirait à son tour une dissociation en ses éléments [1]. L'expérience ci-dessus constitue, en outre, une preuve directe et simple de la présence d'un atome d'hydrogène dans la molécule du phospham.

---

(1) Cette interprétation est en accord satisfaisant avec les données de Stock et Gruneberg (*Ber. d. chem. Ges.*, **40**, 1907, p. 2573) relatives à la dissociation de P^3N^5.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sulfate basique de nickel.* Note de M. **G. Gire**, présentée par M. C. Matignon.

Nous avons étudié l'action du magnésium sur des solutions de sulfate de nickel dont la concentration variait de 1/20 à 1/4 de molécule de sulfate par litre. Le magnésium était porphyrisé et en faible quantité par rapport à la solution de sulfate. La dissolution était complète et durait de 4 à 6 heures.

La mesure du volume d'hydrogène dégagé et l'analyse de la solution avant et après l'opération ont montré que l'hydrogène dégagé équivaut aux 4/5 du nickel disparu et que la teneur en ion sulfurique de la solution s'est abaissée d'une quantité équivalente à l'autre cinquième.

On recueille après l'opération un produit cristallin vert très vif dont la teneur en anhydride sulfurique pour l'atome de nickel est toujours de 1/5 SO^3 (15,52 à 16,28 de SO^3 pour 1^{at} Ni).

Le corps déposé a donc la composition d'un sulfate basique contenant 5^{at} de nickel par SO^4, 4^{mol} d'oxyde correspondant au magnésium dissous.

Ce sel est très hydraté. Il s'effleurit rapidement à l'air en prenant une couleur plus pâle. Il possède alors environ 18^{mol} d'eau. Desséché à 100°, il devient vert plus terne et ne possède plus que 10^{mol} d'eau (NiO, 58,99; SO^3, 12,86).

Ce produit séché n'est nullement magnétique comme l'hydroxyde de nickel; il est à peu près insoluble dans l'eau et ne se dissous qu'à chaud dans les liqueurs acides. On est donc en présence d'une espèce chimique définie dont la formule est : $SO^4Ni.4NiO.10H^2O$. Ce sulfate basique est différent de ceux connus jusqu'à ce jour ([1]).

On peut prévoir que, dans les mêmes conditions, les sulfates de métaux analogues au nickel doivent donner un sulfate basique, ce que nous avons vérifié pour le cobalt notamment.

([1]) De Clermont, *Comptes rendus*, 117, 1893, p. 229; Athanasesco, *Comptes rendus*, 103, 1880, p. 281.

EFFET RAMAN ET CHIMIE ORGANIQUE. — *Spectres Raman de quelques cyclanones.* Note de M. **L. Piaux**, présentée par M. C. Matignon.

J'ai étudié les spectres Raman de la cyclopentanone et de ses deux dérivés monométhylés, d'une part, de la cyclohexanone et des trois monométhylcyclohexanones, d'autre part.

La cyclopentanone et son dérivé β-méthylé ont été obtenues, par une méthode classique, par calcination des acides adipique et β-méthyladipique avec la baryte; l'α-méthylcyclopentanone a été préparée à partir de l'adipate d'éthyle, par cyclisation, méthylation et saponification successives (méthode de Bouveault).

La cyclohexanone et ses dérivés monométhylés sont des produits commerciaux, que j'ai redistillés.

Toutes ces cétones ont présenté des constantes très voisines de celles qui sont indiquées dans la littérature.

Deux poses ont été effectuées pour chaque composé : l'une avec filtre GG_3 de Schott, donne l'excitation par la raie 4358 du mercure; l'autre, avec le filtre UG_3 de la même maison, donne l'excitation par la raie 4047, indispensable pour mesurer avec quelque précision les raies de la région 2800-3000 cm^{-1} (raies des liaisons C — H).

Les spectres ainsi obtenus sont les suivants :

Cyclopentanone. — 473 (m), 580 (f), 711 (m), 811 (m), 893 (F), 960 (m), 1024 (aF), 1153 (m), 1232 (f), 1272 (f, largeur 20), 1408 (aF), 1454 (aF, large), 1726 (aF), 1746 (aF), 2882 (F), 2905 (F), 2972 (TF, largeur 20).

Méthyl-1-cyclopentanone-2 (α-méthylcyclopentanone) 258 (aF), 457 (tf), 556 (aF), 706 (F), 840 (m), 888 (m), 924 (m), 983 (f), 1006 (m), 1131 (f), 1156 (f), 1184 (f), 1198 (f), 1278 (aF, largeur 20), 1332 (tf), 1408 (aF), 1455 (F, large), 1735 (F, largeur 16), 2858 (F), 2876 (F), 2906 (m), 2932 (m), 2970 (TF, largeur 16).

Méthyl-1-cyclopentanone-3 (β-méthylcyclopentanone). — 488 (f), 539 (f, floue), 789 (f), 812 (aF), 840 (f), 930 (f), 990 (m), 1075 (tf), 1130 (tf), 1156 (f), 1198 (f), 1229 (af), 1271 (af), 1313 (af), 1353 (af), 1408 (aF, large), 1460 (aF, large), 1744 (aF, largeur 16), 2874 (TF), 2906 (aF), 2930 (aF), 2966 (TF, largeur 24).

Cyclohexanone. — 313 (f), 411 (aF), 490 (af), 654 (aF), 750 (F), 790 (f), 841 (aF), 894 (f), 912 (f), 993 (m), 1021 (F), 1052 (f), 1074 (m), 1115 (m), 1222 (aF), 1247 (aF), 1266 (m), 1316 (aF), 1346 (f), 1422 (aF), 1452 (F, large), 1709 (F, largeur 16), 2864 (TF), 2897 (TF), 2950 (TF, largeur 30).

Méthyl-1-cyclohexanone-2 (ortho-méthylcyclohexanone). — 289 (f), 326 (f), 393 (aF), 426 (aF), 501 (f), 575 (aF), 660 (aF), 722 (F), 839 (aF), 866 (m), 893 (tf), 937 (tf), 970 (m), 991 (aF), 1022 (tf), 1054 (m), 1069 (m), 1085 (m), 1123 (aF),

1148 (m), 1216 (m), 1237 (f), 1246 (aF), 1286 (f), 1315 (F), 1362 (af), 1424 (aF), 1456 (aF, large), 1712 (F, larg. 14), 2862 (F), 2902 (aF), 2936 (TF), 2964 (TF, larg. 20).

Méthyl-1-cyclohexanone-3 (méta-méthylcyclohexanone). — 396 (m), 439 (f), 490 (f), 514 (f), 643 (aF), 749 (aF), 825 (tf), 945 (f), 968 (m), 1045 (m), 1081 (aF), 1123 (aF), 1205 (aF), 1226 (aF), 1266 (f), 1316 (m), 1335 (aF), 1360 (f), 1493 (aF), 1457 (F, large), 1712 (aF, larg. 16), 2851 (m), 2870 (TF), 2897 (aF), 2929 (F), 2961 (TF, larg. 20).

Méthyl-1-cyclohexanone-4 (para-méthylcyclohexanone). — 378 (m), 428 (f), 492 (m), 505 (f), 690 (f), 747 (F), 807 (af), 900 (tf), 952 (tf), 1009 (aF), 1084 (aF), 1123 (aF), 1183 (m), 1218 (m), 1252 (m), 1300 (f), 1318 (aF), 1350 (af), 1365 (af), 1421 (m), 1460 (F, large), 1713 (F, larg. 12), 2852 (TF), 2870 (TF), 2896 (F), 2930 (F), 2964 (TF, larg. 20).

Conclusions. — 1° La cyclohexanone donne, pour la fonction cétonique, 1709 cm^{-1}, ses trois dérivés monométhylés, 1712 cm^{-1}; la raie fonctionnelle est large (de 12 à 16 cm^{-1}). Ces résultats sont tout à fait semblables à ceux qui ont été publiés récemment par Kohlrausch et Pongratz [1] pour les méthylcétones grasses.

2° La cyclopentanone donne deux raies très voisines à 1726-1746 cm^{-1}, ses deux dérivés monométhylés, une raie très large à 1735 (dérivé α) et 1744 (dérivé β); ces résultats montrent un renforcement très net de la liaison cétonique, par rapport aux composés linéaires ou cyclohexaniques; un effet inverse a été observé par MM. Godchot, Canals et Mlle Cauquil [2] pour la liaison éthylénique intra-nucléaire du cyclopentène comparé au cyclohexène, et aux carbures éthyléniques bisubstitués de la série grasse.

3° L'absence de raies entre 1600 et 1700 cm^{-1} paraît écarter la présence en proportions notables de la forme énolique dans les cétones étudiées; d'ailleurs MM. Grignard et Blanchon ont donné [3], pour la cyclopentanone, une proportion nulle d'énolisation initiale, pour la cyclohexanone, 8 pour 100 d'énol, et pour la para-méthylcyclohexanone, 6 pour 100. L'isomérie céto-énolique ne paraît donc pas être la cause du dédoublement de la raie fonctionnelle de la cyclopentanone.

---

(1) Kohlrausch et Pongratz, *Ber. d. chem. Ges.*, 66, 1933, p. 1356.

(2) Godchot, Canals et Mlle Cauquil, *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 780.

(3) Grignard et Blanchon, *Bull. Soc. Chim.*, **49**, 1931, p. 23.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Isomérisation des éthers oxydes méthylique et éthylique du phényl-glycide.* Note de Mlle **Darmon**, présentée par M. Behal.

La formation de phénacétylcarbinol $C^6H^5.CH^2.CO.CH^2OH$ dans l'isomérisation par la chaleur du phénylglycide ou phényl-1-époxy-1.2-propanol-3, montre que, dans cette isomérisation; la rupture de l'oxygène se produit du côté du phényle, ce qui permet de conclure que la capacité affinitaire du groupement alcool CH^2OH est inférieure à celle du radical phényle ([1]). Il était intéressant d'étudier l'isomérisation des divers éthers oxydes du phénylglycide afin de voir si le remplacement de l'H oxhydrique par un alcoyle modifie la capacité affinitaire de ce groupement.

On sait que l'isomérisation de ces éthers du phénylglycide, lorsqu'elle comporte une migration préférentielle des hydrogènes ne peut donner naissance qu'aux deux produits cétoniques ci-dessous ([2]), suivant que la rupture de l'oxygène a eu lieu du côté du phényle (a) ou du côté du CH^2OR (b) :

$$C^6H^5CH^2.COCH^2OR \overset{(a)}{\leftarrow} C^6H^5.\overset{(b)}{C}H - \overset{(a)}{C}H.CH^2OR \overset{(b)}{\rightarrow} C^6H^5.CO.CH^2.CH^2OR.$$

(anneau époxyde : les deux carbones centraux liés à O, ruptures (a) et (b))

L'étude de l'isomérisation des deux éthers oxydes méthylique et éthylique rapportée ci-après montre que la rupture a lieu suivant (a) et que par conséquent la capacité affinitaire du phényle l'emporte également sur les deux groupements CH^2OR étudiés ici; elle prouve en outre que l'aptitude migratrice de H l'emporte sur celle des deux groupements CH^2OCH^3 et $CH^2OC^2H^5$.

1° *Isomérisation de l'éther méthylique du phénylglycide.* — Cet éther, obtenu par oxydation perbenzoïque de l'éther méthylique de l'alcool cinnamique, distille à 140° sous 30^mm, $n_D = 1,5185$ ([3]) et s'isomérise par chauffage sous 760^mm avec une trace de Cl^2Zn anhydre en donnant un produit unique, l'éther méthylique du phénacétylcarbinol $C^6H^5.CH^2.CO.CH^2OCH^3$, Éb. 139-140° sous 27^mm dont la semicarbazone

---

([1]) P. Weill et M. Darmon, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 977.

([2]) Il pourrait également se former un troisième produit de nature aldéhydique $C^6H^5.CH(CH^2OR)CHO$ si l'aptitude migratrice du groupement CH^2OR l'emportait sur celle de H, dans le cas de la rupture en α, ou par migration du C^6H^5, dans le cas de la rupture en b.

([3]) Beaufour (*Bull. Soc. chim.*, 13, 1913, p. 349) a obtenu le même éther par une autre méthode; ses constantes sont Éb. 128°-129° sous 14^mm, $D_0 = 1,0714$.

(F. 127-128) a été identifiée avec celle fournie par le même produit obtenu synthétiquement par action du chlorure de magnésium benzyle sur le nitrile $CN.CH^2OCH^3$ [1]. Le groupement méthoxyméthyle CH^2OCH^3 a donc une capacité affinitaire inférieure à celle du phényle et une aptitude migratrice moindre que celle de l'hydrogène.

2° *Isomération de l'éther éthylique du phenylglycide.* — Cet éther, obtenu comme son homologue ci-dessus, distillé à 134-135° sous 13^{mm} ($nD = 1,5118$). Son isomérisation fournit deux produits dont l'*un* prépondérant, est l'éther éthylique du phénacétylcarbinol $C^6H^5CH^2CO.CH^2OC^2H^5$ bouillant à 116-118° sous 1^{mm}, donnant une semicarbazone fusible à 100° et identifiée comme ci-dessus avec le produit synthétique correspondant; l'*autre* est l'éther éthylique de l'aldéhyde tropique

$$C^6H^5.CH(CH^2OC^2H^5)CHO$$

dont la semicarbazone fond à 129° et est identique à celle obtenue avec le même aldéhyde préparé d'après Beaufour [2] par déshalogénation de l'iodhydrine

$$C^6H^5.CHOH.CHI.CH^2OC^2H^5.$$

Comme la formation de cet aldéhyde peut résulter d'une rupture en (*a*) avec migration du groupe $CH^2OC^2H^5$ ou en (*b*) avec migration de C^6H^5, il est difficile de décider entre ces deux possibilités, bien que la rupture en (*a*) soit la plus probable Quoi qu'il en soit, la formation prépondérante du composé cétonique ci-dessus permet de conclure que le groupement $CH^2OC^2H^5$ a une capacité affinitaire inférieure à celle du phényle et une aptitude migratrice moindre que celle de l'hydrogène.

Conclusions. — 1° L'isomérisation des éthers méthylique et éthylique du phénylglycide fournit, pour le premier, exclusivement l'éther méthylique du phénacétylcarbinol, pour le second, l'éther éthylique du phénacétylcarbinol accompagné d'un peu d'éther éthylique de l'aldéhyde tropique; 2° les capacités affinitaires des groupements méthoxyméthyle et éthoxyméthyle sont inférieures à celles du radical phényle; 3° les aptitudes migratrices des mêmes groupements sont inférieures à celles de l'hydrogène.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques sels tartromanganiques.* Note de M. G. **Lejeune**, présentée par M. Georges Urbain.

On peut dissoudre dans une solution concentrée d'acide tartrique le complexe manganotartrique vert de Job [3], sans que celui-ci soit hydrolysé. La dissolution présente une coloration rouge foncée; au bout d'un

(1) M. Darmon, *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 1328.

(2) Beaufour, *loc. cit.*

(3) Job, *Comptes rendus*, **146**, 1907, p. 1044.

moment, il se produit une précipitation de bitartrate de sodium. Le lendemain, la solution est décolorée et l'on observe au fond du récipient de petits cristaux rouges bien formés, mélangés aux cristaux de bitartrate.

En modifiant légèrement le mode opératoire de la manière suivante, on peut obtenir ces cristaux à l'état de pureté :

Le complexe de Job (7^g) est dissous dans une solution concentrée d'acide tartrique (10^g dans 20^{cm^3} d'eau). Le précipité de bitartrate est filtré et la solution est laissée au repos. Le lendemain on peut recueillir dans la solution incolore environ 2^g de cristaux rouges, bien formés.

Peu solubles, ces cristaux mis en contact avec de l'eau, se dissolvent lentement et se décomposent par hydrolyse en laissant déposer du bioxyde de manganèse. Mis en contact avec une solution d'iodure de potassium, ils provoquent la mise en liberté de l'iode, ce qui indique que le manganèse s'y trouve à l'état manganique.

Le dosage du manganèse et de l'eau dans ces cristaux donne les résultats suivants :

$$\text{Mn}\ \% = 23{,}3, \qquad H^2O\ \% = 14{,}70,$$

En supposant comme formule possible $C^4O^6H^3Mn, 2H^2O$, on obtient

$$\text{Mn}\ \% = 23{,}5, \qquad H^2O\ \% = 15{,}01.$$

Étant donné la composition du complexe de Job dont la formule développée ne présente pas d'ambiguïté, on est conduit à donner à ce sel manganique la constitution suivante :

```
NaCO²—COH—COH—CO²Na            CO²H—COH—COH—CO²H
         \   /                          \   /
          Mn        17H²O                Mn        H²O
          |                              |
NaCO²—COH—COH— CO²Na                     OH
          |
          Na
     Complexe de Job.                 Sel manganique.
```

Un complexe du même type a été, du reste, décrit par Baudran (¹) mais il ne m'a pas été possible de reproduire les expériences de cet auteur par suite du peu de précisions données dans le Mémoire sur le mode expérimental. Après quelques essais, j'ai pu néanmoins reproduire les cristaux obtenus précédemment par la méthode suivante : en dissolvant dans une solution concentrée d'acide tartrique (10^g dans 20^{cm^3} d'eau) le bioxyde de

(¹) BAUDRAN, *Ann. Chim. et Phys.*, **19**, 1900, p. 565.

manganèse hydraté provenant de la décomposition de 2^g de permanganate par réduction en présence d'alcool. Le bioxyde se dissout dans la solution acide tandis qu'il se développe une forte coloration rouge. La solution laissée au repos est décolorée le lendemain et l'on retrouve au fond du récipient des cristaux rouges de composition identique à celle des cristaux obtenus à partir du complexe de Job à côté de cristaux rosés de tartrate manganeux.

En effectuant la dissolution du bioxyde de manganèse dans une bouillie de bitartrate de sodium obtenue en mélangeant 6^g d'acide tartrique et 8^g de tartrate de sodium dissous séparément dans 10^{cm^3} d'eau chacun, on obtient le lendemain dans la solution décolorée des cristaux bruns, peu solubles dans l'eau, que l'on peut séparer facilement par lévigation du bitartrate et qui donnent à l'analyse,

$$\text{Mn}\ \% = 17,1, \quad H^2O\ \% = 28,8.$$

En supposant comme formule possible, $C^4H^6O^2MnNa, 5H^2O$, on obtient

$$\text{Mn}\ \% = 17,4, \quad H^2O\ \% = 28,6.$$

Le manganèse étant à l'état manganique, on peut représenter ce sel par la formule,

```
CO²H—COH—COH—CO²Na
       \   /
        Mn         4H²O
        |
        OH
```

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'aldéhyde δ-oxyvalérique.* Note de M. R. **Paul**, présentée par M. C. Matignon.

Les aldéhydes-alcools 1.4 et 1.5 présentent, comme on l'a déjà fait ressortir (1), un double intérêt : elles constituent, pour ainsi dire, l'armature de la plupart des aldoses, et de plus la position privilégiée de leurs groupements fait qu'elles se cyclisent avec la même facilité que les acides-alcools correspondants. Helferich qui, entre autres synthèses du même type, a réalisé celle du pentanol-4-al-1 n'a pu en étudier que la forme tautomère (2) :

```
HO.CH.CH².CH².CH.CH³.
   |______O______|
```

(1) Helferich, *Ber. d. chem. Ges.*, 52, 1919, p. 1122.
(2) Helferich, *Ber. d. chem. Ges.*, 52, 1919, p. 1128.

Par action de l'eau sur le dihydropyrane (¹), nous avons pu obtenir un isomère du corps précédent, l'époxy-1.5-pentanol-5, ou forme cyclique de la δ-oxyvaléraldéhyde :

$$\underbrace{CH{=}CH{-}CH^2{-}CH^2{-}CH^2}_{O}+H^2O \rightarrow HO.\underbrace{CH{-}CH^2{-}CH^2{-}CH^2{-}CH^2}_{O}.$$

L'hydrolyse s'effectue rapidement par ébullition avec de l'acide chlorhydrique N/70; elle se fait plus lentement, mais avec de meilleurs rendements en laissant les deux réactifs en contact à la température ordinaire. En saturant de carbonate de potassium la solution obtenue, il se sépare une huile de laquelle on extrait l'époxypentanol par distillation dans le vide.

C'est un liquide assez peu mobile, de saveur brûlante et dont l'odeur rappelle celle du coing. Il bout à 80-81° sous 16^{mm}, ses constantes sont en bon accord avec une formule cyclique :

$d_{15}^{18}=1,055$, $n_D^{18}=1,45342$, R. M. trouvée $= 26,15$, R. M. calculée $= 26,26$

La réfraction moléculaire calculée pour une structure linéaire serait 26,86; le point d'ébullition observé ne s'accorderait d'ailleurs pas avec cette dernière hypothèse.

Avec le réactif de Schiff, on obtient, au bout de quelques secondes, une coloration violette intense; la liqueur de Fehling et le nitrate d'argent ammoniacal sont réduits, très lentement à froid, rapidement à l'ébullition. Avec la phénylhydrazine ou son dérivé paranitré, on observe une réaction très nette, mais sans qu'il se forme de produits cristallisés.

Distillé sous la pression atmosphérique avec une trace d'acide chlorhydrique, l'époxypentanol se déshydrate presque quantitativement en redonnant le dihydropyrane.

Oxydé par un excès d'hydrate d'argent en suspension dans l'eau, il donne le sel d'argent de l'acide δ-oxyvalérianique (Ag °/₀ : trouvé $= 48,07$, calculé pour $C^5H^9O^3 = 48,13$); l'isolement de ce sel est grandement facilité par son insolubilité dans l'alcool.

L'hémiacétal méthylique du corps précédent, l'époxy-1.5-méthoxy-5-pentane, a été préparé directement par ébullition du dihydropyrane avec du méthanol en présence d'une trace d'acide chlorhydrique

$$\underbrace{CH=CH-CH^2-CH^2-CH^2}_{O}+CH^3OH \rightarrow CH^3O\underbrace{CH-CH^2-CH^2-CH^2-CH^2}_{O}$$

(¹) R. Paul, *Comptes rendus*, 195, 1933, p. 1409.

C'est un liquide incolore et mobile, bouillant à 128°-129° sous la pression atmosphérique,

$D_{15}^{15} = 0,969$; $n_D^{15} = 1,42625$; R. M. : trouvée = 30,69; calculée = 30,99.

Ce composé, qui a la constitution d'un glucoside, ne réduit la liqueur de Fehling ou le nitrate d'argent ammoniacal qu'après ébullition préalable avec un acide étendu.

Son hydrolyse en milieu acide se fait également à froid comme le montre l'action du réactif de Schiff (acide) qu'il recolore après quelques minutes d'agitation.

Il n'est pas sans intérêt, croyons-nous, de faire ressortir l'analogie qui existe entre la constitution de l'époxy-1.5-pentanol-5 et celle de l'arabinose; on s'accorde en effet aujourd'hui à reconnaître un noyau furanique dans la forme labile des sucres (forme γ de Fischer) et un noyau pyranique dans leur forme normale. Au γ-arabinose correspondrait donc la cycloaldéhyde de Helferich,

$$\underbrace{\text{HOCH—CHOH—CHOH—CH}}_{\text{O}}\text{—CH}^2\text{OH} \qquad \underbrace{\text{HOCH—CH}^2\text{—CH}^2\text{—CH}}_{\text{O}}\text{—CH}^3$$

γ-arabinose.

et à l'arabinose normal, le composé que nous venons de décrire,

$$\underbrace{\text{HOCH—CHOH—CHOH—CHOH—CH}^2}_{\text{O}} \qquad \underbrace{\text{HOCH—CH}^2\text{—CH}^2\text{—CH}^2\text{—CH}^2}_{\text{O}}$$

n-arabinose.

Il semble notamment que l'étude des facilités de décyclisation de ces deux composés isomères doive conduire à des résultats intéressants pour la chimie des aldoses.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Dualité du dipropénylglycol de Charon, obtention de l'un des constituants à l'état cristallisé.* Note de M. **Wiemann**, présentée par M. C. Matignon.

Ayant obtenu par oxydation du divinylglycol de Griner deux hexites, la mannite et l'allodulcite ([1]), nous avons pensé, M. Lespieau et moi, que chacune d'elles provenait d'un seul des deux isomères contenus dans ce

---

([1]) *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 1946, et **195**, 1932, p. 886.

glycol et pour le vérifier nous avons cherché, et réussi à isoler l'un de ceux-ci, le glycol inactif par nature. Comme notre but était non pas de montrer que le produit de Griner était un mélange, car les travaux de Thorpe et de ses collaborateurs (*Journ. of Chem. Soc.*, 1927, p. 2937) l'avaient déjà établi, mais bien de voir ce que fournirait l'oxydation de l'un des constituants, nous n'avons publié sur ce sujet qu'après avoir bien étudié cette dernière.

Or, peu après nous avons eu connaissance d'un Mémoire de MM. P. van Romburgh et W. van Hasselt paru en janvier 1932 (*Proceedings*, 35, n° 1) qui établissait nettement la dualité du glycol de Griner. Nos procédés de séparation avaient été les mêmes : bromuration, séparation des bromures isomères, débromuration; c'est là une méthode générale, qui a été utilisée depuis de longues années au laboratoire de M. Lespieau [1].

Nous n'avons fait l'opération que sur un seul des deux bromures cristallisés de Griner; MM. van Romburgh et van Hasselt l'avaient faite sur les deux. D'après eux le glycol inactif fond à 10° (d'après nous, à 18°) et le racémique à —40°.

J'avais établi par hydrogénation la dualité du dipropénylglycol de Charon; restait à séparer les constituants. La bromuration du dipropénylglycol ne donne que des rendements très maigres en produits cristallisés. Par contre la transformation du dipropénylglycol brut en phényluréthanes donne des solides avec un bon rendement. Ainsi 25^g d'isocyanate de phényle, 15^g de dipropénylglycol et quelques centimètres cubes d'éther absolu, chauffé à 60° en tube scellé pendant 40 heures ont donné près de 30^g de solide; ceux-ci par dissolution dans l'alcool à chaud et cristallisation par refroidissement m'ont fourni une douzaine de grammes d'une phényluréthane, fondant à 190°, de formule brute $C^{22}H^{24}O^4N^2$(H 6,12 pour 100; C 69,22 pour 100 pour H 6,31 pour 100 et C 69,25 pour 100 théorique). A côté de celle-ci il se forme une autre phényluréthane fondant plus bas, que je n'ai encore pu obtenir avec un point de fusion bien net.

J'ai ensuite saponifié la phényluréthane fondant à 190°. 18^g de celle-ci ont été chauffés avec 48^g de baryte cristallisé et un peu d'eau à 150° en tube scellé pendant quelques heures. Le produit obtenu, ajouté d'eau, filtré pour le débarasser du carbonate de baryum, est extrait à l'éther; ce solvant chassé, le résidu distillé dans le vide donne de l'aniline, puis un liquide

(1) Exemple : DUPONT, *Séparation des glycols acétyléniques stéréoisomères* (*Comptes rendus*, 149, 1909, p. 1381).

passant au point attendu pour le dipropénylglycol; liquide qui, refroidi, cristallise facilement, et reste ensuite solide à la température ordinaire.

En ensemençant avec ce solide du dipropényglycol de Charon refroidi à 0°, des cristaux se sont produits en abondance; par filtration, j'ai ainsi retiré de 40^g une dizaine de grammes de solide; ce dernier lavé à l'éther de pétrole m'a donné un produit fondant bien à 48°. Comme d'habitude ce sont les corps les plus symétriques qui fondent le plus haut, il est à présumer que le glycol fondant à 48° a la formule

$$CH^3-CH=CH-\underset{H}{\overset{OH}{C}}-\underset{H}{\overset{OH}{C}}-CH=CH-CH^3.$$

CHIMIE ORGANIQUE. — *Existence possible de trois αα'-dibenzylcyclohexanones.* Note de MM. **R. Cornubert** et **M. de Demo**, présentée par M. Delépine.

La théorie du noyau cyclohexanique, plan et tendu de Baeyer, permettait de concevoir deux αα'-dibenzylcyclohexanones

$$CH^2\begin{cases} CH^2-CH-C^6H^7 \\ \\ CH^2-CH-C^7H^7 \end{cases}CO$$

Dans ces dernières années, cette théorie a fait l'objet de diverses critiques nées à la suite d'un certain nombre de découvertes qui ont mis en relief la théorie des noyaux cyclohexaniques gauches et non tendus de Sachse; celle-ci fait prévoir plus de deux αα'-dibenzylcyclohexanones.

Nos études sur les alcoyl et arylcyclohexanones nous ont donné l'occasion de rencontrer et d'étudier trois corps, ayant la composition d'une αα'-dibenzylcyclohexanone et fondant respectivement à 55°, 103° et 122°, que nous allons décrire successivement.

Le corps, F. 122°, découvert par Borsche, a été obtenu par hydrogénation chimique ou catalytique de la dibenzylidènecyclohexanone; nous l'avons isolé nous-mêmes par hydrogénation catalytique de ce corps, soit au nickel, soit au platine. Son étude nous a conduit à noter les propriétés suivantes : 1° il fournit une oxime (F. 183°) [à côté d'oxime (F. 92°) en proportion variable], en faisant agir un grand excès d'un mélange équimoléculaire de

chlorhydrate d'hydroxylamine et de soude et une oxime (F. 92°) par toutes les autres méthodes d'oximation [1]. L'oxime (F. 183°) ne s'hydrolyse que très difficilement en donnant un mélange à 50 pour 100 des cétones (F. 55° et 122°); l'oxime (F. 92°) s'hydrolyse aisément en ne conduisant qu'à l'isomère (F. 122°). 2° Il fournit une semicarbazone (F. 198°) dont nous n'avons pu obtenir d'isomère; son hydrolyse donne surtout la cétone (F. 55°), mais aussi un peu de cétone (F. 122°). 3° Il engendre une combinaison tétrahydropyronique (F. 177-178°). 4° Il donne un alcool secondaire (F. 123°) par réduction alcaline. 5° L'hydrogénation totale au platine en milieu éthéré a donné une $\alpha\alpha'$-dihexahydrobenzylcyclohexanone (F. 79°) et les alcools secondaires correspondants (F. 72-73°) [de phényluréthane (F. 149°)] et (F. 93-93°) [de phényluréthane (F. 137-138°)]. Cette cétone (F. 79°), par réduction au sodium et à l'alcool, a donné l'alcool secondaire (F. 93-94°); elle a fourni une oxime (F. 94°) par la méthode qui a donné l'oxime (F. 183°) et une oxime d'aspect corné par le sel de Crismer; elle engendre de plus une semicarbazone fondant à 163-164°.

Le corps (F. 55°) a été découvert par nous à côté de l'isomère (F. 122°) et de produits huileux, par hydrogénation de la dibenzylidènecyclohexanone avec certains nickels [mais les hydrogénations au platine n'ont donné que l'isomère (F. 122°)]; cette substance, beaucoup plus soluble dans l'alcool que l'isomère (F. 122°), est peu stable; à froid, sous l'influence de l'acide chlorhydrique, de la soude ou de l'éthylate de sodium, même en très petite quantité, elle se transforme en quelques secondes en l'isomère (F. 122°); par l'acide sulfurique, cette évolution est lente à froid, mais à 150° sous pression elle donne environ 60 pour 100 de cétone, (F. 122°). De plus, on passe de la cétone (F. 55°) à la cétone (F. 122°) par chauffage au-dessus de 100° et, par suite, par distillation. D'ailleurs, l'isomère (F. 122°), sous l'influence de l'éthylate de sodium, de la soude à chaud ou de l'acide sulfurique à chaud, se transforme pour une petite quantité en l'isomère (F. 55°) et il semble qu'il y ait ici un équilibre; enfin la distillation de la cétone (F. 122°) conduit à une petite quantité de la cétone (F. 55°).

Cette instabilité de la cétone (F. 55°) en présence de l'éthylate ou de l'acide chlorhydrique nous a empêchés d'en obtenir un alcool secondaire et une combinaison tétrahydropyronique propres; en ce qui concerne cette dernière, on a retrouvé celle (F. 177-178°) provenant du corps (F. 122°),

---

[1] L'oxime (F : 92.) s'isomérise lentement en l'oxime (F. 183°) sous l'influence de l'acide acétique.

à côté toutefois d'une substance (F. 195-196°) qui paraît être une autre combinaison tétrahydropyronique. A ce corps (F. 55°) (qui n'est pas une forme énolique stable) nous avons reconnu les propriétés suivantes : 1° il conduit toujours à l'oxime (F. 183°) engendrée par la cétone (F. 122°)(1); 2° il donne la semicarbazone (F. 198°) que fournit l'isomère (F. 122°), mais plus rapidement; 3° l'hydrogénation totale au platine en milieu éthéré (fixation de 7 mol. d'hydrogène), seule opération réalisable à froid et hors la présence de réactifs plus ou moins énergiques, a permis une différenciation d'avec le corps : (F. 122°); il faut cependant noter que le noir de platine transpose partiellement la cétone (F. 55°) en cétone (F. 122°), car l'hydrogénation nous a fait isoler 4 pour 100 de la précédente αα'-dihexahydrobenzylcyclohexanone, (F. 79°), à côté d'un alcool (F. 53-56°), de phényluréthane (F. 102-103°).

Le corps (F. 103°) découvert dans le produit d'une hydrogénation de la dibenzylidènecyclohexanone au platine (2), a été retrouvé dans les produits de benzylation de l'α-benzylcyclohexanone (3). C'est une autre dibenzylcyclohexanone, car elle donne une nouvelle oxime (F. 123°) et ne se combine pas à l'aldéhyde benzoïque dans les conditions où le corps (F. 122°) engendre une combinaison tétrahydropyronique. Ce corps (F. 103°) est malheureusement très difficile à préparer.

Nous avions cru tout d'abord que les corps (F. 55° et F. 122°) étaient des formes cristallines d'un même individu chimique, formes cristallines dont la formation simultanée se serait expliquée par des phénomènes de faux équilibre rompus ensuite par des catalyseurs; mais les hydrogénations au platine nous conduisent maintenant plutôt à les considérer comme des isomères. Il faut espérer que la poursuite de ces recherches nous permettra d'acquérir une opinion définitive.

---

(1) Pour cette raison en particulier, nous pensons actuellement que l'oxime (F. 92°) relève de la cétone (F. 122°) et que l'oxime (F. 183°) correspond à la cétone (F. 55°).

(2) R. Cornubert et Chr. Borrel, *Bull. Soc. Chim.*, 45, 1929, p. 1148.

(3) R. Cornubert et A. Maurel, *Bull. Soc. Chim.*, 49, 1931, p. 1498.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Transformations isomériques des hydrocarbures, $C^{42}H^{30}$, isomères des tétra-phényl-1.3.1′.3′-dihydro-1.1′-rubènes. Description d'un neuvième isomère. Scissions oxydantes.* Note de M. **Antoine Willemart**, présentée par M. Delépine.

Ainsi que nous l'avons démontré dans une précédente Note ([1]), les hydrocarbures $C^{42}H^{30}$, résultant du doublement du diphényl-phényléthinyl-chloro-méthane $C^{21}H^{15}Cl$ avec élimination d'halogène, sont caractérisés par une tendance peu commune à subir des transformations isomériques. Dans la présente Note, nous allons décrire un nouvel isomère, qui porte à 9 le nombre de ceux qui ont été isolés : aux trois hydrocarbures dérivant de celui de Ch. Moureu, Ch. Dufraisse et Houghton ([2]) [Marvel et Halley ([3]), Willemart ([1])], il convient d'ajouter l'éthane vrai diacétylénique non isolé et son produit de transformation rouge orangé (fus. 234°) [Marvel et Munro ([4])], ainsi que les deux tétra-phényl-1.3.1′.3′-dihydro-1.1′-rubènes obtenus par hydrogénation du tétra-phényl-1.3.1′.3′-rubène $C^{42}H^{28}$ [Dufraisse, Masumoto et Buret ([5])].

L'hydrocarbure incolore $C^{42}H^{30}$ (fus. 179°) de Moureu, Dufraisse et Houghton ([2]), chauffé en solution xylénique avec une suspension de ferricyanure de potassium (ou d'oxyde de mercure, litharge, minium, persulfate de potassium) se transforme dans des proportions voisines de 60 pour 100 en un hydrocarbure jaune, cristallisant en bâtonnets et fondant à 225° (fusion instantanée). Les solutions de ce composé présentent les mêmes particularités de thermochromie que celles signalées par Wieland et Kloss ([6]) pour l'hydrocarbure initial.

Il semble que les possibilités de transformations isomériques ne s'arrêtent pas là; mais, avant d'aller plus loin dans la recherche de ces nouveaux isomères, nous nous sommes préoccupé d'acquérir des renseignements sur la constitution de ces corps dont le nombre commence à être imposant. Le procédé le plus indiqué était la scission oxydante. Nous avons donc effectué une étude de l'oxydation en opérant d'abord sur celui de Moureu, Dufraisse et Houghton.

([1]) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 1429.
([2]) *Bull. Soc. Chim.*, 4e série, **41**, 1927, p. 56.
([3]) *Am. Chem. Soc.*, **54**, 1932, p. 4450.
([4]) *Am. Chem. Soc.*, **54**, 1932, p. 4445.
([5]) *Bull. Soc. Chim.*, 4e série, **51**, 1932, p. 74.
([6]) *Ann. der Chem.* **470**, 1929, p. 217.

L'action de l'acide chromique a déjà été étudiée par Marvel et Halley [1], qui ont trouvé de l'acide benzoïque et de l'acide orthobenzoylbenzoïque. De la présence de ce dernier acide, ils ont tiré un argument contre la structure éthane diacétylénique précédemment admise [formule (1)]. Ils ont proposé une formule éthane biindénique par réarrangement suivant deux cyclisations [formule (2)] qu'ils n'ont pu maintenir.

(1). (2).

Reprenant cette oxydation nous avons bien trouvé, comme ces auteurs, les acides benzoïque et orthobenzoylbenzoïque, mais nous avons pu identifier, en outre, de la benzophénone en proportions qui ne sauraient être négligées, puisqu'elles correspondent à 30-40 pour 100 de celle que l'on aurait dans une oxydation quantitative de l'éthane diacétylénique [formule (1)]. Une aussi grande quantité de benzophénone comporte des conclusions précises concernant la constitution. La formation de benzophénone implique, en principe, la présence de deux noyaux benzéniques unis par un carbone méthanique sans autres substitutions carbonées [2]. Dans la formule (1), les deux paires de phényles peuvent participer à la formation de benzophénone. Au contraire, dans la formule (2), aucune paire ne peut en donner. En conséquence, si l'on admet que la formule (1) correspond à l'éthane primitif, l'hydrocarbure de Moureu, Dufraisse et Hougton ne doit avoir subi de cyclisation analogue à celle de la formule (2) que pour la moitié de sa molécule : ce composé doit avoir une formule dissymétrique, partie non cyclisée, partie cyclisée. Il est à noter que, par des considérations différentes, Marvel [3] est arrivé à une conclusion analogue au sujet d'un hydrocarbure dérivant d'un autre éthane diacétylénique.

L'isomère qui nous a paru le plus intéressant à étudier en second lieu est l'un des hydrocarbures jaunes $C^{42}H^{30}$ (fus. : 249°) primitivement décrit

(1) *Loc. cit.*

(2) A moins d'envisager quelque décarboxylation ou scission peu vraisemblable dans les conditions de notre mode opératoire.

(3) *Am. Chem. Soc.*, 55, 1933, p. 1716.

par Moureu, Dufraisse et Lotte [1] et qui, comme nous l'avons montré [2], se forme par fusion de l'hydrocarbure de Moureu, Dufraisse et Houghton. L'oxydation chromique a produit de l'acide benzoïque de l'acide orthobenzoylbenzoïque, de la benzophénone et des traces d'un produit blanc cristallisant en losanges et fondant vers 240°, de constitution non identifiée. L'action du permanganate de potassium en solution acide a donné presque quantitativement des prismes jaunes fondant à 277° et dont l'analyse correspond avec la formule $C^{42}H^{30}O^2$. Ce corps est formé par addition d'une molécule d'oxygène à l'hydrocarbure : il n'a pu être identifié avec aucun composé connu.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les complexes halogéno-argentiques des acides carboxylés.* Note de M. **Charles Prévost**, présentée par M. Delépine.

Dans une précédente Note [3], j'ai signalé une réaction assez inattendue de l'iode sur le benzoate d'argent en suspension dans le benzène, et les propriétés intéressantes du complexe qui en résulte en tant qu'agent de synthèse. J'ai cherché depuis à étendre le champ d'application de la réaction du côté de la synthèse des α-glycols et à en préciser le mécanisme. J'expose ici les premiers résultats obtenus dans cette voie.

1° La réaction n'est spécifique, ni de l'ion benzoxyle, ni de l'iode qui peut être remplacé sans inconvénient par le brome, du moins dans les exemples étudiés à ce point de vue.

En remplaçant le benzoate d'argent par l'acétate, on retrouve des résultats qualitativement très voisins, mais les rendements en diacétines de glycols sont médiocres pour une cause que j'expliquerai plus loin.

2° La fixation de deux radicaux carboxylés sur la liaison éthylénique n'est pas la réaction primaire. Cette fixation s'accomplit en deux phases. Dans une première phase, il se fixe, d'une part, un radical carboxyle; d'autre part, un atome d'halogène; dans la seconde phase, cet halogène subit la double décomposition avec le sel carboxylé d'argent libéré dans la première phase.

---

(1) *Bull. Soc. Chim.*, 4e série, 47, 1930, p. 221.

(2) *Loc. cit.*

(3) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1129.

La suite des réactions peut donc se formuler ainsi :

$$2R.CO^2Ag + I^2 = IAg + (R.CO^2)^2AgI;$$
$$(R.CO^2)^2AgI + R'.CH:CH.R' = R.CO^2.CH(R') - CHIR' + R.CO^2Ag;$$
$$R.CO^2CH(R') - CHIR' + R.CO^2Ag = IAg + R.CO^2CH(R') - CH(R')OCO.R.$$

En effet, lorsque le dibenzoate attendu est liquide et doit être rectifié, il passe en tête un produit iodé qui se décompose presque intégralement. D'autre part, en remplaçant l'iode par le brome, et en faisant agir le *stilbène* à froid, j'ai obtenu non un éther dibenzoïque de l'*hydrobenzoïne*, mais un éther bromobenzoïque de ce glycol. Cet éther mixte, sous l'influence du benzoate d'argent à chaud donne facilement l'éther dibenzoïque.

S'il s'agit du complexe $(CH^3CO^2)^2AgI$, la première phase de la réaction s'accomplit assez bien, mais l'acétate d'argent étant à peu près insoluble dans le benzène, la seconde phase est très lente, et les éthers diacétiques sont accompagnés de quantités importantes d'iodoacétates. Ces derniers sont difficilement séparables; d'autre part, ils se décomposent à la distillation en souillant profondément les diacétines.

3° Lorsque les complexes agissent sur les liaisons éthyléniques susceptibles d'isomérie *cis-trans*, les résultats sont à peu près les mêmes que dans l'addition du brome : la *trans-addition* est prépondérante ou exclusive.

4° De tous les éthyléniques étudiés, l'éthylène est celui qui agit le plus lentement; l'action du brome est également plus lente sur ce carbure.

5° J'ai étudié des liaisons éthyléniques des types les plus divers : la fixation de deux groupes benzoxyle semble être être absolument générale, et les rendements sont toujours excellents. Seules les difficultés d'extraction peuvent dans certains cas entraver l'application de la méthode; il n'en est pas de même de la fixation des groupes acétoxyle dont le rendement est toujours médiocre. Voici quelques éthers (nouveaux ou déjà décrits) obtenus par la méthode aux complexes argentiques :

Dibenzoate d'*éthylène* (F. 73°, déjà décrit). Dibenzoate de *propylène* (Eb. 222° sous 10^{mm}, déjà entrevu; $D^{20} = 1,1600$; $n_D^{20} = 1,54400$). Diacétate de *pentène*-1 (Eb. 103° sous 12^{mm}. $D^{19} = 1,0191$; $n_D^{19} = 1,4238$). Dibenzoate de *pentène*-1 (Eb. 233° sous 10^{mm}. $D^{18} = 1,1245$; $n_D^{18} = 1,5376$). Diacétate de *diméthylérythrène* (bipropényle (Eb. 104-114° sous 10^{mm}. C'est vraisemblablement le mélange des diacétines α et γ déjà décrites). Dibenzoate de *styrolène* (F. 96°) et styrolèneglycol (F. 67° déjà décrits). Dibenzoate de *stilbène* (inactif indédoublable, F. 247°, déjà décrit). Bromobenzoate de *stilbène* (F. 170°). Dibenzoate de *diphényléthylène dissymétrique* (F. 108°). Diacétate de *diphényléthylène dissymétrique* (F. 145° déjà décrit). Tétra-

benzoate de *biallyle* (F. 152°) correspondant à la biallylérythrite fondant à 97° déjà décrite.

De plus, M. Gimel (*Thèse de Doctorat d'Université.* Mention Pharmacie, Nancy, 1933) a préparé les éthers benzoïques du *stycérol* (à partir du benzoate de cinnamyle) et de l'un des *phénylglycérates d'éthyle* (à partir du cinnamate d'éthyle).

GÉOLOGIE. — *Les formations prétertiaires de la bordure occidentale du lac Rodolphe (Afrique Orientale).* Note de M. C. **Arambourg.**

Ainsi qu'il a été indiqué dans une Note précédente ([1]), la bordure occidentale du lac Rodolphe est formée par les régions du West Suk et de Turkana qui font partie de la colonie britannique du Kenya.

La première de ces régions correspond à un pays d'altitude élevée dépassant 2000^m en moyenne; la seconde est une zone de plaines de 600^m à 700^m d'altitude, entrecoupée de chaînons montagneux ne dépassant pas 1800^m. Dans sa partie septentrionale, le Turkana confine aux territoires du Soudan anglo-égyptien et de l'Éthiopie méridionale, qui sont en continuité structurale avec lui.

Le socle cristallophyllien qui forme les plateaux du Transn'zoia servant de soubassement au grand cône volcanique de l'Elgon, se prolonge dans le West Suk dont il constitue toute la masse, mais disparaît partiellement plus au Nord sous la couverture sédimentaire du Turkana. Dans le West Suk, il est essentiellement constitué par une série catamétamorphique fortement plissée qui, dans l'axe Kapenguria-Katcheliba-Lokitanyalla-Nepao Escarpment, comprend des gneiss (gneiss granitoïdes, gneiss à biotite, gneiss à amphibole) et, surtout, des amphibolites. Le tout est accompagné d'un développement considérable de pegmatites, soit en filons transversaux à la schistosité, soit le plus souvent en multiples injections parallèles à celle-ci et étalées entre les feuillets gneissiques dont la structure et l'aspect sont profondément modifiés.

La direction des plis et des cassures qui accidentent cette masse est généralement orientée N-S, ou N-N-O, S-S-E; les cassures transversales paraissent plus rares. De profondes vallées, parallèles aux directions tecto-

([1]) C. Arambourg et R. Jeannel, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1902.

niques entaillent l'ensemble du massif et descendent vers la plaine du Turkana et la cuvette du Rodolphe.

Au Nord, le West Suk se termine par une série de digitations étroites qui s'abaissent très rapidement, probablement par failles, sur la plaine du Turkana. A l'Ouest et au Nord-Ouest, le socle cristallophyllien se poursuit vers l'Uganda par la région de Moroto et la chaîne de Moruanyssigar, dont il forme le soubassement.

Dans le Turkana, le cristallophyllien ne reparaît plus qu'en lambeaux isolés et peu étendus : quelques arêtes de gneiss et de pegmatites émergent de la plaine sableuse formée par les alluvions des rivières Turkwell, Tia et Kalabata, près des puits de Lorogumo; un autre affleurement apparaît à une cinquantaine de kilomètres plus au Nord à la base du centre éruptif démantelé du Muruanachok. Enfin, à la limite du Soudan et de l'Éthiopie, un lambeau beaucoup plus important constitue le soubassement de toute la moitié nord de la chaîne des monts Lubur, au bord du lac Rodolphe; là se retrouve, surélevée jusque vers 1500^{m} d'altitude, une série absolument identique, lithologiquement et tectoniquement, à celle du West Suk.

Partout ailleurs au nord de la rivière Turkwell, le socle cristallophyllien arasé, est recouvert par une importante série sédimentaire que je désignerai sous le nom de Série du Lubur parce que c'est dans le massif de ce nom qu'elle se trouve le mieux développée et où sa nature et ses relations sont le plus facilement observables.

La coupe que l'on peut y relever, à quelques kilomètres au nord du poste militaire de Lokitaung, est la suivante :

Au-dessus du soubassement cristallophyllien dont il a été question plus haut, se développe, sur 200^{m} environ d'épaisseur, une série détritique formée de grès et de poudingues; l'ensemble plonge d'une quinzaine de degrés vers l'Ouest-Sud-Ouest et est surmonté par des coulées stratoïdes de basaltes miocènes.

Les grès et les poudingues sont à peu près exclusivement formés d'éléments empruntés au substratum cristallophyllien; les éléments volcaniques en sont absents. Le quartz prédomine, avec une proportion variable de débris feldspathiques faisant parfois passer la roche à une véritable arkose; quelques rares débris de schistes bleuâtres ou verdâtres s'y observent parfois aussi. Les galets des poudingues sont formés de cailloux quartzeux intensément roulés et parfaitement usés et arrondis; leur grosseur varie de celle d'une dragée à celle du poing. Le ciment est siliceux, calcaire ou ferrugineux suivant les points; la couleur de l'ensemble varie du jaune au rose

avec quelques couches lie-de-vin. Les bancs de poudingues alternent avec les grès, au milieu desquels ils forment des horizons parfaitement parallèles entre eux; la stratification est parfois entrecroisée, mais tout l'ensemble donne l'impression d'une régularité parfaite et d'une horizontalité primitive. Aucun fossile n'y a été rencontré et le microscope n'y décèle aucune trace d'organisme.

Partout dans le Turkana, là où l'érosion a détruit ou entamé assez profondément la couverture éruptive, cette formation reparaît avec les mêmes caractères; elle forme le substratum de la plaine, au sud et au sud-ouest des monts Murueris, ainsi que celui des massifs éruptifs du Muruanachok, de Lodwar et du Losodok, près de l'embouchure de la Turkwell. L'ensemble est affecté de quelques larges ondulations à axes grossièrement Nord-Sud et de cassures de même direction. L'absence de fossiles et de relations avec des niveaux d'ancienneté connue rendent difficile la détermination précise de l'âge de cette série détritique.

Lithologiquement, elle ne peut se distinguer des séries analogues qui forment, au Nord, le support des masses éruptives du plateau éthiopien : série d'Adigrat, préjurassique, d'une part; série des grès de Nubie, infracrétacée, d'autre part. Toutefois, par suite de son allure générale qui évoque beaucoup plus l'idée d'un dépôt marin littoral que celle d'atterrissements continentaux, je pencherais plutôt à la rapprocher provisoirement de la série d'Adigrat dont les affleurements les plus méridionaux paraissent avoir été reconnus à trois degrés de latitude environ au nord du Rodolphe.

Si cette assimilation se révèle exacte dans l'avenir, la série du Lubur marquerait ainsi le maximum d'extension vers le sud du Golfe éthiopien triasico-liasique.

GÉOLOGIE. — *Sur l'âge du calcaire de Chaudefonds (Maine-et-Loire).* Note (¹) de Mlle **D. Le Maître**, présentée par M. Ch. Barrois.

En 1884, Davy signalait la découverte d'un gisement de calcaires dévoniens situé à l'est de Chaudefonds, à proximité de la ferme Valet en Maine-et-Loire (*Bull. Soc. Géol. Fr.*, 3e série, 13, p. 2). Les fossiles recueillis à l'angle nord-est de la carrière dans un banc qui, d'après Davy

(¹) Séance du 4 décembre 1933.

et Barrois, ne mesure que quelques décimètres d'épaisseur, furent déterminés par M. Barrois (*Ann. Soc. Géol. Nord*, 13, 1886, p. 170). A la suite de cette étude, M. Barrois montre que cette faune présente de grandes affinités avec celle des couches à crinoïdes de l'Eifel (limite entre Eifélien et Givétien) et en conclut qu'elle est de même âge.

M. Louis Bureau avait récolté, de ce même niveau, une faune plus abondante dont l'étude m'a été confiée. Depuis lors, des travaux de défoncement, pour l'établissement d'une vigne au sud de l'ancienne exploitation, ont mis à jour des calcaires fossilifères qui font partie de la même lentille mais qui sont nettement inférieurs, au point de vue stratigraphique, au niveau fossilifère de l'ancien gisement. Les caractères pétrographiques sont les mêmes ainsi que la faune.

I. Je résume ici le résultat des études que j'ai faites sur la faune du Calcaire de Chaudefonds. La description détaillée des fossiles sera donnée dans un travail qui paraîtra ultérieurement. Je me borne à citer ici les espèces les plus caractéristiques :

Calceola sandalina Lam., *Orthis occlusa* Barrande, *Orthis præcursor* Barrande, *Orthis tenuissima* Barrande, *Strophomena Stephani* Barrande, *Chonetes Verneuili* Barrande, *Rhynchonella Amalthæa* Barrande, *Uncinulus orbignyanus* de Vern., *Atrypa granulifera* Barrande; *Spirifer Thetidis* Barrande, *Sp. robustus* Barrande, *Sp. indifferens* Barrande, *Retzia Haidingeri* Barrande, *Conocardium bohemicum* Barrande, *Phacops breviceps* Barrande, *Phacops fecundus* Barrande, *Acidaspis vesiculosa* Beyr., *Bronteus Dormitzeri* Barrande, *Bronteus brevifrons* Barrande, *Bronteus speciosus* Corda, *Proetus complanatus* Barrande, *Harpes montagnei* Co.da.

Cette faune présente les plus grandes affinités avec celle des calcaires de Mneniany, de Slivenec (g_1 de Barrande) et de la partie supérieure des calcaires de Konieprusy (f_2) en Bohême. Le niveau de ces formations de l'Europe centrale correspond au passage du Dévonien inférieur au Dévonien moyen, c'est, approximativement, le niveau de la zone à *Spirifer cultrijugatus* de l'Europe occidentale.

Uncinulus orbignyanus de Vern., et *Calceola sandalina* Lam. sont des espèces de la région rhénane, et de l'Ardenne. Leur présence à la partie supérieure de l'ancienne carrière Valet paraît bien confirmer l'âge attribué ici au Calcaire de Chaudefonds.

II. Dans la partie sud de ce même gisement, on trouve des calcaires bleu noir, riches en polypiers et semblables à ceux connus en géologie sous le nom de *Calcaire de Chalonnes*, qui sont exploités à la carrière Saint-Charles

(ouest de Chandefonds), près de la gare de Chalonnes et aux carrières de Châteaupanne (territoire de Montjean). Ces calcaires bleu noir m'ont livré des Stromatopores et des Polypiers comme ceux que j'ai rencontrés et décrirai dans le *Calcaire de Chalonnes : Stromatopora*, *Clathrodictyon*, *Pachypora*, *Favosites*, représentés par des espèces qui sont les mêmes, notamment : *Clathrodictyon regulare* Roten, *Favosites styriaca* Horn., *Favosites alpina* Hörn., etc.

Ces calcaires sont à la base de la lentille donc, stratigraphiquement, en dessous de la faune connue de la carrière Valet. On a là un contact qui permet d'établir les relations existant entre le *Calcaire de Chalonnes* et le *Calcaire de Chaudefonds*. Je reviendrai ailleurs sur ces rapports.

GÉOLOGIE. — *Sur la possibilité d'existence de périodes à climat désertique dans la région centrale du Congo Belge.* Note de M. G. **Borgniez**, présentée par M. L. Cayeux.

Dans la région des sources de la Lukenié, on a reconnu l'existence d'une succession de sédiments appartenant à diverses périodes lacustres. Les représentants de ces périodes sont les couches du Lualaba, celles du Lubilash et celles de la Salonga; ces dernières sont les plus récentes. M. Leriche a établi que les couches du Lualaba sont d'âge rhétien ou triasique tout à fait supérieur (¹).

Localement, sous les couches du Lubilash, nous avons retrouvé un dépôt sableux éolien, épais d'environ 12^{m}. Le sable de ce dépôt est composé de grains bien arrondis, de grosseur uniforme, d'environ 0^{mm},5 de diamètre. Débarrassée du film argilo-ferrugineux qui la recouvre, la surface des grains apparaît chagrinée, parfois striée, rarement avec de petites étoiles de percussion. Le vent a donc modelé les grains et a constitué le dépôt du sable. Je dois à l'obligeance de M. Cayeux, la confirmation de ce diagnostic.

Le sable éolien voisine avec des sédiments sablo-graveleux de caractère fluvial, auxquels il a fourni une partie des constituants.

Les formations sus-jacentes du Lubilash et de la Salonga comprennent des couches sableuses, argileuses ou graveleuses qui renferment une cer-

(¹) M. Leriche, *Rev. Zool. africaine*, **1**, 1911, p. 190-197; **3**, 1913, p. 1-11; **8**, 1920, p. 67-68.

taine proportion de grains sableux identiques à ceux du dépôt éolien. Ces grains ont été modelés par le vent; mais leur mise en place a pu s'effectuer de diverses manières, soit que le vent les ait chassés au large du lac, soit qu'ils aient été enlevés par l'érosion à des formations antérieures. Les deux processus paraissent avoir eu lieu : d'une part, on observe, à l'intérieur d'argilites, de petits nids de ces grains qui auraient été apportés par le vent là où la sédimentation était calme; d'autre part, des parties de surface de grains anciennement dépolies ont acquis un certain poli.

Ces grains sableux de modelé éolien, des assises du Lubilash et de la Salonga, constitueraient à eux seuls, abstraction faite de tous les autres matériaux qui les accompagnent, une couche d'une épaisseur de 15 à 20^{m}, recouvrant de vastes territoires. Nous ne pouvons pas tenir compte des éléments qui, sans présenter de caractère distinctif, ont pu être formés par le vent. Une telle quantité de sédiments a dû se former sous des conditions désertiques. Il s'ensuit qu'au moins une période à climat désertique a dû exister postérieurement au dépôt des couches du Lualaba.

Parmi les constituants des couches du Lualaba, on distingue une quantité assez importante de grains sableux de modelé éolien; cette constatation nous porte à croire qu'un climat désertique a pu s'établir à plusieurs époques dans la région centrale du Congo belge.

Il serait encore prématuré d'attribuer au seul facteur climatérique la disparition des anciens lacs, fait comparable à celui que l'on observe aujourd'hui pour le lac Tchad; mais il n'est pas douteux que l'instauration d'un climat désertique a pu avoir une forte influence sur les fluctuations du niveau de ces nappes lacustres.

GÉOLOGIE. — *Sur l'autochtonie du pénibétique dans la province de Cadix (Andalousie).* Note [1] de M. **Maurice Blumenthal**, présentée par M. Ch. Jacob.

La zone du Trias d'Antequera, séparant, à l'Ouest du bassin de Grenade, le Pénibétique du Subbétique sur une longueur d'environ 80^{km}, perd graduellement vers l'Ouest son individualité. Guidé surtout par son bord méridional, sur lequel viennent plus ou moins chevaucher les plis pénibétiques (zone externes de Loja-Ronda), nous la suivons vers les confins des

(1) Séance du 4 décembre 1933.

provinces de Séville et Cadix. Là, entre Almargen et Olvera, elle supporte une série de klippes. Puis, s'élargissant d'abord et communiquant avec les larges surfaces du Trias autochtone de l'Andalousie, elle tend, ensuite, vers le corridor étroit qui s'ouvre à travers les montagnes de Grazalema (Corridor de Boyar) et qui sépare nettement au Sud le pays pénibétique du pays subbétique au Nord. Au delà d'Ubrique, l'élargissement se répète, suivi de nouveau, au Sud du Rio Majaceite, par un rétrécissement qui sépare la Sierra del Aljibe s. l. des structures subbétiques d'Algar, dont les directions s'incurvent pour devenir presque méridiennes. Enfin, dans la région d'Alcalà de los Gazules, le Trias cesse de séparer les deux zones. Le Flysch du côté pénibétique se réunit au Flysch du subbétique, non sans que l'un et l'autre conserve de part et d'autre des caractères propres.

La question du rôle de cette zone de Trias, et surtout celle du caractère tectonique de ses bords, se pose maintenant. Représente-t-elle — comme zone autochtone ou subautochtone — la séparation de deux zones largement indépendantes, ou s'intercale-t-elle simplement comme une masse gypso-saline perçant une unité cohérante? Vu l'existence très fréquente de contacts mécaniques et le rôle délicat du Flysch unissant les deux zones, il faut se rapporter plutôt aux données stratigraphiques.

Le complexe montagneux d'Ubrique-Grazalema sert de point de départ. Les différences lithologiques au Sud (pénibétique) et au Nord (subbétique) du corridor de Bayar sont très nettes et découlent déjà clairement de la description monographique qu'a donnée M. J. Gavala (¹) de cette région (Série pénibétique : faciès clair, plutôt recifal et non individualisé du Lias-Malm, développement en couches rouges calcaires du Crétacé. Série subbétique : Lias dolomitique, marno-calcaire et marneux, fossilifère, Jurassique supérieur de faible épaisseur et Crétacé marneux gris-verdâtre, fossilifère). Ces différences soulignent une certaine séparation tectonique qui se manifeste aussi dans la structure interne. Le point essentiel pour l'interprétation est la position des éléments par rapport au Trias « citrabétique » qui les sépare dans le corridor de Boyar. Tandis qu'au Nord (Sra. del Pinar s. l.), la série subbétique est en contact par faille, ou charriée sur le Trias, au Sud, les environs immédiats d'Ubrique montrent exceptionnellement une succession continue depuis la base triasique jusqu'au Lias pénibétique; nous y retrouvons les mêmes couches de transition entre

(¹) J. GAVALA, *Serrania de Grazalema*, etc. (*Bol. d. Inst. geol. d. Espana*, 2ᵉ série, **29**, 1918, p. 1-143).

le Trias et la série calcaire jurassique qui, dans les plis pénibétiques de Ronda, caractérisent le faciès dit de la Sra. de la Hidalga ([1]).

Vu que le soubassement normal des écailles d'Ubrique est en continuité avec le Trias germanique, fortement bousculé, *de la zone subbétique qui est de caractère autochtone, il s'en suit que ces éléments pénibétiques sont aussi d'origine « citrabétique » et ne peuvent être attachés au front bétique*, formant nappe d'origine plus méridionale. La continuité latérale des montagnes d'Ubrique avec les autres éléments pénibétiques (externes de Ronda, Teba, etc., médianes du Chorro, etc.) établit donc l'autochtonie relative (subautochtone ou parautochtone selon la terminologie alpine) d'une large zone pénibétique et ne laisse qu'une bande étroite au capuchon frontal de l'unité de Malaga ([2]). Néanmoins une individualité par rapport au subbétique ressort des différences structurales et de faciès qui les distinguent l'un de l'autre.

Sans entrer dans le détail, il convient de faire ressortir que les régions plus méridionales entre le Rio Majaceite et Alcalà de los Gazules s'accordent à la conception donnée ci-dessus. Certaines affinités de part et d'autre de la bande triasique (surtout quant au Crétacé) sont contrebalancées par des différences structurales et stratigraphiques. C'est, dans les formations tertiaires, une épaisse masse gréseuse (grès de l'Aljibe) et en grande partie dépouillée de son Mésozoïque basal qui s'oppose à un Flysch de faciès plus marno-calcaire et occupant les régions subbétiques; de plus, les plis subbétiques trahissent un mouvement indépendant des éléments pénibétiques.

Il résulte de ces faits que la partie externe du pénibétique et la partie interne du subbétique se sont sédimentées dans la même fosse géosynclinale, le premier provenant d'un « shelf » moins profond, le dernier correspondant, surtout au Crétacé, à des dépôts de plus grandes profondeurs. Les phénomènes orogéniques ont donné aux deux zones des caractères tectoniques distincts. Le Trias germanique s'injectant entre elles a accru leurs dislocations et a formé sur de longues distances la zone d'Antequera.

([1]) M. Blumenthal, *Eclog. geol. Helv.*, 26, 1933, p. 43-93.

([2]) *Comptes rendus*, 30, 1933, p. 30.

GÉOLOGIE. — *Les formations continentales du Tertiaire de l'Aurès (Algérie).* Note de M. **Robert Laffitte**, présentée par M. Ch. Jacob.

Dans le Tertiaire du massif de l'Aurès et de sa périphérie, les formations continentales rouges occupent une place prépondérante. Après le dépôt des couches marines suessoniennes (calcaires à silex), on ne connaît plus qu'un épisode marin restreint, au Miocène inférieur, alors qu'il existe une épaisseur considérable de couches rouges, pouvant atteindre 2000^m au Sud du massif. Elles n'ont guère été étudiées qu'aux abords de la grande voie de communication Batna-Biskra : à El Kantara, elles sont oligocènes, comme cela a été admis par tous les auteurs depuis Tissot; au Nord de Biskra on sait, depuis Coquand, qui les rattachait à l'étage subapennin de d'Orbigny, qu'elles sont certainement néogènes. Cependant, sur la carte géologique au $1/800000^e$ de l'Algérie (3e édition), ces couches ont été presque toutes attribuées, par Ficheur, à l'Oligocène. Au cours de mes tournées dans l'Aurès, j'ai pu constater que cette affirmation ne pouvait être intégralement maintenue : les terrains rouges ne doivent pas être rangés en bloc dans l'Oligocène, car, suivant les affleurements, on a affaire à des couches, tantôt supérieures au Miocène marin, tantôt inférieures. Je vais passer en revue les principaux affleurements.

1° *Nord de Biskra et Synclinal de Rassira.* — Les couches rouges de ces régions ne correspondent pas à une formation uniforme et homogène.

Dans la partie nord du synclinal, on a une première série formée de poudingues, de grès et d'argiles rouges, avec quelques intercalations d'argiles blanchâtres. Au sein de la masse, existent des discordances; la formation de cette série paraît ainsi contemporaine des plissements principaux et les poudingues résulteraient de l'action particulièrement intense de l'érosion sur un relief nouvellement formé ou en cours de formation, tandis que les argiles à gypse se seraient déposées dans des bassins fermés analogues à ceux des Chotts actuels. L'âge de ces couches ne peut malheureusement pas être déterminé directement, car elles n'ont pas fourni de fossiles. Cependant leur situation à Branis, à Tahammamet et au Djebel Fifri, entre le Suessonien et le Miocène marin fossilifère, permet d'accepter ici l'interprétation de Ficheur et de considérer ce premier ensemble *comme oligocène*, tout en admettant que sa formation a pu commencer plus tôt.

Mais il est une autre série de couches rouges, occupant à l'affleurement une plus grande surface et développée surtout dans le centre et le Sud du synclinal, depuis Rassira, Baniane et M'chounèche jusque vers Drauh, Chetma et Biskra. Elles sont formées de sédiments de même faciès que les précédentes : argiles à gypse généralement rouges, parfois blanches, grès rouges et poudingues, surtout développés à la

partie supérieure de la série, se distinguant des précédents parce qu'ils sont généralement moins bien cimentés et contiennent parfois des galets de calcaires miocènes à Pectinidés. Les couches de cette série sont discordantes sur celles de la série précédente et sont superposées aux marnes à *Ostrea crassissima* de Branis et aux calcaires gréseux de Tahammamet contenant le même fossile. On peut donc admettre que *toute cette seconde série est néogène*.

2° *Sud de l'Aurès*. — On a là un immense bassin, où l'épaisseur des couches rouges atteint 2000^m. A la base, dominent les argiles à gypse; au sommet, des poudingues mal cimentés. Elles sont en continuité avec les précédentes; on reconnaît à leur base des affleurements de gypse (Djebel Debdeb, Koudiat Bezèze) de même faciès que ceux de Branis, mais ne contenant plus d'intercalations marneuses à *Ostrea crassissima*, ce qui s'explique facilement par l'éloignement plus grand de la mer franche connue dans le Nord de l'Aurès. Ici *les couches rouges sont donc néogènes*.

3° *Ahmar Khaddou*. — Deux petits îlots que j'ai reconnus, l'un à l'Ouest du Khenag, l'autre à l'Est de Roumane, peuvent, par leur faciès, être rattachés à l'Oligocène.

4° *Bassin de Timgad*. — Au centre du bassin néogène de Timgad, notamment à l'Est de cette ville, les couches rouges sont superposées au Miocène inférieur marin fossilifère, et correspondent, par leur faciès, aux couches de base de la série du Sud de l'Aurès; *on peut donc les rapporter au Miocène supérieur*. Il est d'ailleurs remarquable de constater qu'en certains points de la périphérie du bassin (Oued Taga), les couches rouges sont légèrement transgressives et discordantes sur les strates du Miocène inférieur. Au moment du retrait de la mer, de légers mouvements ont donc eu lieu et les bassins fermés qui l'ont remplacée ont eu parfois une extension plus grande.

5° *Les autres îlots de couches rouges de l'Aurès me paraissent devoir à peu près tous être rapportés à l'Oligocène*, car ils sont recouverts par le Miocène marin fossilifère : Tizougrarine, Medina, Oued Abdi, Rass er Rieh, bord nord-est du Stah; de plus, des îlots isolés dans l'Ich Ali me semblent, à cause de leur faciès, pouvoir être rapportés à ce même système. Seul un petit affleurement de couches rouges au Moudji, sur la rive gauche de l'Oued Abdi, surmontant une des couches marneuses à *Ostrea crassissima*, peut être rattaché au Miocène supérieur.

En résumé, *dans l'Aurès et à sa périphérie, il y a deux séries de couches rouges bien distinctes : l'une inférieure au Miocène inférieur marin fossilifère; l'autre, la plus importante, supérieure à ce même Miocène marin*. Ces couches rouges correspondent à deux phases de sédimentation continentale et sous un climat désertique, représentées par des argiles à gypse qui correspondent à des dépôts de chotts et par des séries de poudingues dont la formation a accompagné et suivi les deux phases principales de plissement de l'Atlas Saharien.

GÉOCHIMIE. — *La composition chimique élémentaire des organismes vivants et le système périodique des éléments chimiques.* Note (1) de M. A. VINOGRADOV.

Au point de vue géochimique le fait même de l'existence constante d'un élément chimique quelconque dans l'organisme a un sens déterminé et l'absence dans le temps présent de la connaissance exacte du rôle physiologique de la plupart de tels éléments ne peut changer rien d'essentiel en notre intérêt au fait empirique lui-même. D'autant plus que la compréhension de l'importance physiologique de beaucoup des éléments a été établie longtemps après leur constatation dans la matière vivante (I, Cu, Mn, As, etc.).

Nous avons des données quantitatives souvent très incomplètes et d'une exactitude différente pour 5000 espèces végétales et 2000 espèces animales (moins de 0,5 pour 100 des espèces connues). Dans différents organismes on a trouvé jusqu'à 60 éléments chimiques, sur 30-35 desquels on a des données quantitatives (2).

Par rapport à quelques éléments (C, N, S, P, H, etc.) la composition quantitative élémentaire de tous les organismes est très analogue. D'autre part les variations de la teneur des éléments chimiques qui se trouvent en petites quantités sont beaucoup plus grandes dans les différentes espèces. On trouve enfin des espèces spéciales d'organismes qui contiennent jusqu'à quelques pour-cents en poids ou en nombre d'atomes, d'éléments chimiques qui généralement ne se trouvent qu'en petites quantités.

Cette composition est établie par des fonctions biogéochimiques déterminées et elle est une propriété caractéristique de l'espèce (3). Les variations de la composition dans les cadres d'une espèce sont du même ordre que les variations individuelles des propriétés morphologiques.

Dans cette Note (4) nous essayons pour la première fois d'exprimer en pour-cents atomiques la composition chimique de la matière vivante. Celle

(1) Séance du 4 décembre 1933.

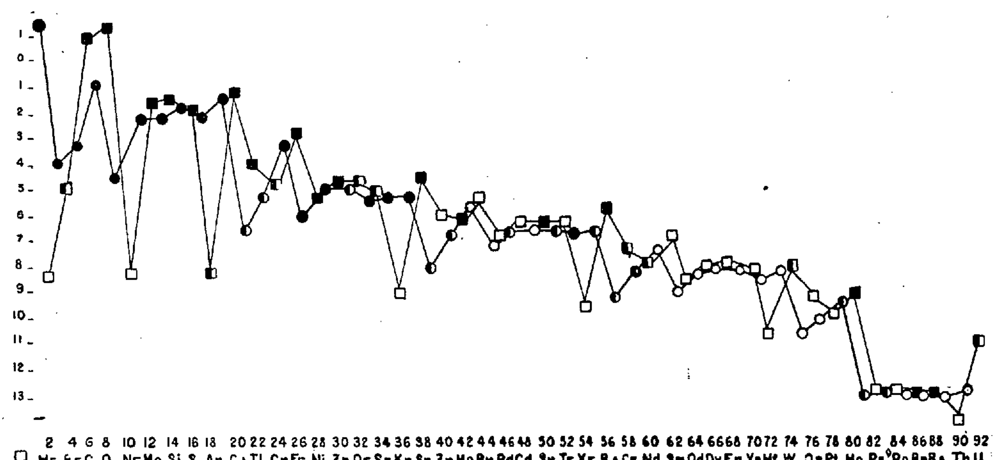
(2) A. VINOGRADOV, *Prizoda*, Len., 1931, n° 3, p. 230 (en russe).

(3) W. VERNADSKY, *Travaux du Laboratoire biogéochim. de l'Acad. des Sciences de l'Union*, 1, Len., 1930.

(4) Voir aussi VINOGRADOV, *Prizoda*, Len., 8-9, 1933, p. 28 (en russe).

de la terre ferme est en premier lieu déterminée par la composition chimique des espèces forestières, ainsi que de la végétation herbacée, habitants des sols, etc. Les résultats obtenus de tels calculs donnent cependant une idée de la composition chimique de toute la matière vivante du globe : en dernier lieu ils représentent la composition chimique de la biosphère.

De ce tableau il résulte qu'il existe une relation inverse entre la quantité d'atomes d'un élément chimique, se trouvant dans la matière vivante, et le nombre atomique de cet élément. Graphiquement, cette fonction peut être représentée par une ligne droite inclinée (depuis l'hydrogène



Composition quantitative atomique de la matière vivante en fonction des nombres atomiques des éléments.

jusqu'à l'uranium). Les courbes dont l'une correspond aux atomes pairs et l'autre aux atomes impairs ont leur maxima et leur minima répartis très régulièrement; cela signifie que ces courbes ont une périodicité déterminée. Pour toutes les courbes, les maxima sont définis dans leurs positions par la formule : $1+6+6+\ldots$ pour les éléments impairs et $2+6+6+\ldots$ pour les éléments pairs. Les éléments qui se trouvent aux maxima ont, comme il est facile de le voir, une importance spéciale pour la matière vivante. Pour eux existent les organismes qui les concentrent; dans la plupart des cas ils entrent dans la composition des roches biogènes. Ce sont toujours des organismes anciens (*Thallophyta*, *Protozoa*, etc.). Ces éléments ont une fonction nettement physiologique. L'aluminium ne se concentre aujourd'hui que dans des Lycopodiacées, peu

nombreux et d'une masse minime; la flore paléozoïque cependant le concentrait dans les Sigillaria, Lepidodendron, etc. très grands et très répandus autrefois. Cette fonction géochimique semble à présent presque éteinte.

La courbe des éléments pairs se pose au-dessus de la courbe des éléments impairs (H exclu). Par rapport aux organismes déterminés cette relation entre les courbes peut vasciller, ainsi par exemple pour les Laminaires, où la courbe des éléments impairs se trouve un peu au-dessus de la courbe des éléments pairs.

Ainsi on peut déduire de ce graphique empirique que la composition chimique de la matière vivante est une fonction périodique du nombre atomique (du nombre des charges des noyaux) dans laquelle les éléments chimiques qui se trouvent à chaque sixième position ont une importance spéciale pour les organismes. La composition chimique des espèces elles-mêmes est réglée par la même généralisation biogéochimique; les différences entre les espèces sont déterminées par les propriétés chimiques des atomes (par leurs électrons superficiels). Cette généralisation permet de prévoir dans la matière vivante le degré d'abondance des éléments chimiques qui, jusqu'à présent, n'ont pas été trouvés dans les organismes ou n'y ont pas été déterminés quantitativement.

J'ai traité dans un mémoire spécial les nombreuses questions qui se rapportent à cette généralisation empirique, ainsi que les méthodes de la construction de ce graphique empirique (¹).

OCÉANOGRAPHIE. — *Recherches sur la nature des fonds de la côte occidentale du Maroc entre le cap Cantin et le cap Ghir.* Note de MM. **A. Gruvel** et **W. Besnard**, présentée par M. L. Mangin.

Au cours des recherches entreprises par nous sur la côte occidentale du Maroc, entre le cap Cantin et le cap Ghir, nous avons relevé certains faits particulièrement intéressants et indispensables à connaître pour assurer, sans trop de risques, le travail des chalutiers sur cette partie de la côte.

Cette importante zone se divise, en effet, en deux régions à caractères

---

(¹) A. Vinogradov, *Travaux du Laboratoire biogéochimique*, 3, Len., 1934 (sous presse) (en russe avec un résumé en français).

très différents : un grand plateau sableux parsemé de têtes de roches qui occupe toute la partie comprise entre le cap Cantin et la Pointe Hadid; une zone chalutable à fond sableux, sablo-vaseux ou même vaseux, entrecoupée de bandes et d'îlots rocheux de la Pointe Hadid au sud du cap Sim.

Les fonds typiques que nous avons signalés entre Casablanca et Mazagan se poursuivent vers le Sud-Ouest jusqu'à la hauteur du cap Cantin. A la hauteur du cap Sim et sur toute la largeur de la bande côtière, dans les fonds de 0 à 200^{m} environ, commence un vaste plateau de sable. Le sable vaseux et la vase disparaissent pour ne reparaître qu'au large et à la hauteur de l'O. Tensift. Dans cette région, les fonds chalutables forment une bande côtière d'environ 5 milles et demi de large, mais, actuellement, dévastée par un chalutage trop intensif.

Le plateau sableux semé de têtes de roches atteint une largeur de près de 30 milles.

De la hauteur de l'Oued Tensift vers le cap Ghir, on rencontre des fonds comparables à ceux du Nord, mais avec alternances de zones chalutables et de bandes rocheuses, à peu près parallèles à la côte, à limites très tourmentées, à certains endroits on trouve jusqu'à 11 alternances de roches et de sable vaseux ou vase sur une largeur de 20 milles environ. Des bancs de roches plus ou moins couverts de Dendrophyllies forment des îlots séparés par des passages larges de 3 à 4 milles, parfaitement chalutables. Ces parages très poissonneux sont peu fréquentés par les pêcheurs. On y rencontre beaucoup de rougets et, surtout, des soles de taille gigantesque, puisque nous en avons capturé qui mesuraient 64^{cm} de longueur. On ne trouve pas de Dendrophyllies à moins de 65^{m} de fond, mais surtout entre 78 et 105^{m}. Ce plateau à bancs de roches alternant avec des zones chalutables se poursuit jusqu'au cap Ghir où les bancs rocheux se soudent à nouveau pour former des bandes nettes comme dans le Nord. Seuls, certains chalutiers espagnols travaillent dans ces fonds difficiles, toujours exactement sur les mêmes points pour éviter les accidents.

Les chalutiers marocains travaillent maintenant beaucoup plus au Sud, vers l'Oued Draa, en poussant vers le cap Juby, ils sont en compagnie nombreuse de chalutiers espagnols et, même, italiens et il faut s'attendre à ce que, dans un avenir proche, ces fonds si riches soient à peu près complètement ruinés, si l'on n'y met bon ordre.

MÉTÉOROLOGIE. — *Les courants aériens en Cochinchine.* Note de M. HENRY HUBERT.

En utilisant les feuilles des sondages aérologiques effectués depuis 1931 à Saïgon par le Service météorologique de l'Indochine (MM. Nguyen-duy-Ty et Vu-dinh-Quy, observateurs), j'ai pu construire des séries de graphiques permettant de dégager certains renseignements généraux relatifs à la circulation de l'air atmosphérique en Cochinchine.

Pour la simplification de l'exposition, tous les vents observés ont été systématiquement répartis en quatre groupes : du Nord (NE à NW), de l'Ouest (NW à SW), du Sud (SW à SE), et de l'Est (SE à NE).

Vents du secteur Nord. — Ces vents (NNE à NNW surtout) soufflent *le long du sol* depuis octobre jusque pendant la seconde quinzaine de mars. Ils sont alors très fréquents, et parfois continus pendant de longues périodes (10 à 15 jours par exemple), surtout en décembre et janvier. Ils sont d'autant plus constants que l'altitude considérée est plus faible : ils sont surtout localisés entre le sol et l'altitude de 1000^{m}; ils sont rares au-dessus de 4000^{m}, exceptionnels au-dessus de 7000^{m}. Ils correspondent bien à ce qu'on appelle la mousson d'hiver, laquelle est en réalité un alizé, en relation avec l'existence des *hautes* pressions en Chine.

Vents du secteur Ouest. — Il s'agit encore de vents soufflant *le long du sol.* Si l'on néglige les anomalies secondaires dont il sera question plus loin (vents du secteur sud), on constate que ces vents se manifestent d'une façon ininterrompue pendant 4 mois au moins (fin mai à fin septembre ou octobre). Leur extension en altitude est considérable : leur plafond atteint souvent 8000^{m}, il s'abaisse rarement au-dessous de 4000^{m}. Ils correspondent à ce qu'on appelle la mousson d'été, en relation avec l'existence de *basses* pressions en Chine.

Vents du secteur Sud. — Ces vents appartiennent à deux types différents :

a. Vents au sol. — Ils sont assez irréguliers et plus souvent du Sud-Ouest que du Sud. Ils paraissent pouvoir être apparentés à la mousson d'été (dont ils sont, si l'on veut, des anomalies secondaires ou des particularités) parce que : ou bien ils sont localisés à la base de celle-ci pendant la période où elle se manifeste, pour se confondre ensuite par rotation avec elle en altitude; ou bien ils encadrent exactement la période de la mousson d'été (15 mars-15 mai; septembre-fin octobre), en accusant en altitude un développement analogue à celui de ce courant aérien.

b. Vents en altitude. — Ceux-ci ne se manisfestent pratiquement que pendant la période où souffle la mousson d'hiver. A 10 000^m on les observe alors parfois d'une façon continue pendant des périodes de 10-25 jours et ils sont d'autant moins fréquents et durables que l'altitude considérée est plus faible. Il est très rare, par exemple, de les observer encore à moins de 6000^m. On serait tenté de les identifier avec le contre-alizé, bien que leur direction dominante (SE) s'accorde mal avec l'idée théorique qu'on se fait d'un tel courant aérien.

Vents du secteur Est. — Le cas de ces vents est fort compliqué. Certains d'entre eux sont avant tout des *vents d'altitude*. Pratiquement ils sont permanents toute l'année. D'avril à octobre, ils surmontent, vers 8000^m, les vents des secteurs Sud et Ouest au sol (mousson d'été) et paraissent surmontés à leur tour par des vents du Nord et du Nord-Est vers 12000^m. D'octobre à mars ils se placent entre les vents du Nord au sol (alizé) et les vents du Sud en altitude (contre-alizé ?). Leur répartition est en somme comparable à celle que j'ai signalée pour l'harmattan à Dakar (Afrique occidentale française).

Mais en saison sèche les vents d'Est sont en outre susceptibles de souffler dans les *parties basses* de l'atmosphère, concurremment avec les vents du Nord. Deux cas se présentent alors. Ou bien ils se confondent par rotation avec l'alizé et il n'y a pas de raisons actuellement pour les différencier de celui-ci. Ou bien ils présentent avec l'alizé des discontinuités marquées (au moins 50 pour 100 des cas) et il y a lieu de les rattacher alors aux vents supérieurs permanents.

En résumé, il y aurait, en Cochinchine, entre 0 et 10000^m d'altitude, quatre grands courants aériens, s'organisant de la façon suivante au cours de l'année : du printemps à l'automne, mousson au sol et vent d'Est en altitude; de l'automne au printemps, alizé au sol et contre-alizé (?) en altitude, ces deux derniers étant séparés par un courant d'Est, le même que celui de la période précédente, mais susceptible alors de se manifester de temps en temps jusqu'au sol.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur la température de l'air au voisinage du sol.* Note de MM. **C.-E. Brazier** et **L. Éblé**, présentée par M. Ch. Maurain.

On fait dans les stations météorologiques des séries de mesures désignées sous le nom de températures au sol, parfois de températures à l'air libre.

Le thermomètre utilisé est couché sans aucune protection à quelques centimètres au-dessus du sol. Il est certain que l'on n'obtient ainsi ni la température de la surface terrestre, ni celle de la couche d'air à la hauteur du thermomètre. Nous nous sommes proposé d'étudier les écarts que présentent les lectures du thermomètre par rapport à la température de cette couche d'air.

Les indications du thermomètre sur le sol sont altérées par plusieurs facteurs dont les principaux sont : nature et masse du liquide thermométrique, forme et dimensions du réservoir, état de la surface de celui-ci, rayonnement des objets vers le réservoir et de celui-ci vers l'espace. Cette cause d'erreur est de beaucoup la plus importante et, après avoir mis en lumière les précédentes par des expériences simples au moyen de thermomètres variés et vérifié que les écarts ne dépassent pas 2°, nous avons surtout étudié la dernière, le rayonnement. Les expériences ont été faites à l'Observatoire du Parc Saint-Maur, dépendant de l'Institut de Physique du Globe de Paris.

Pour cela nous avons employé un appareil aspirateur : l'air était aspiré avec une vitesse de 5^m par seconde dans un tube coudé, dont le pavillon était placé à 3^{cm} du sol, et passait autour du thermomètre, semblable à ceux qu'on emploie pour les observations régulières, et bien protégé contre le rayonnement par deux espaces annulaires. On a d'abord vérifié que la température indiquée par le thermomètre intérieur était la même que celle de l'air extérieur dans une salle close; ensuite que le brassage produit par l'aspiration ne pouvait apporter dans la distribution verticale des couches d'air au-dessus de l'entonnoir des troubles supérieurs à ceux qui résultent en plein air des remous causés par le vent ou par la convection thermique.

Deux courtes séries d'expériences nous ont montré que, par beau temps, le thermomètre placé à 3^{cm} au-dessus du sol gazonné indiquait des températures maxima de 6° à 8° plus élevées que celle de l'air à la même hauteur, mais que, si l'on avait soin de protéger le thermomètre du sol contre le rayonnement solaire direct au moyen d'un écran, cette différence devenait négligeable. Les minima étaient plus comparables, la différence étant de 1 à 2°.

Une série de 25 jours d'observations, faite en mai et juin 1933, a permis d'établir les écarts moyens tant des maxima que des minima. Les résultats sont résumés dans le tableau ci-dessous :

	Thermomètres		
	dans l'aspirateur à 3cm.	en plein air à 3cm.	sous l'abri à 1m,80.
Moyennes des maxima	26°,02	33°,40	22°,00
Moyennes des minima	8,98	7,77	10,62
Moyennes des maxima et des minima	17,50	20,58	16,31
Amplitudes moyennes	17,04	25,63	11,38

On voit que les thermomètres de ce type posés sans protection près du sol sont loin d'indiquer la température de la couche d'air dans laquelle ils baignent; ils donnent à l'époque de l'année où nous avons opéré une moyenne plus forte de 3° et une amplitude égale à 3/2 de l'amplitude réelle.

OCÉANOGRAPHIE. — *Influence du mistral et du vent d'est sur la température des couches sous-marines sur la côte d'azur.* Note M. P. **Idrac**, présentée par M. J.-B. Charcot.

Nous avons indiqué ([1]) les premiers résultats obtenus en baie de Villefranche avec notre enregistreur de température sous-marine. Nous avons poursuivi ces recherches cette année avec l'aide de l'Institut océanographique de Monaco et du Laboratoire zoologique de Villefranche, afin de rechercher quelle pouvait être la cause des fluctuations de température sous-marine dans cette région.

Ce qui frappe, en effet, tant dans les relevés faits par nous que dans ceux recueillis périodiquement avant la guerre par le musée de Monaco, c'est que pendant les mois d'été les variations thermiques sont en général beaucoup plus fortes dans les couches profondes (25 à 50m), qu'en surface.

Pour démêler la question, un enregistrement continu est nécessaire. Nous avons employé pour cela les appareils électriques déjà décrits ([2]) puis des enregistreurs moins sensibles, mais plus robustes et moins coûteux que l'on pouvait risquer d'abandonner sans surveillance pendant une semaine entière, amarrés à des bouées de fortune mouillées au large par des fonds allant jusqu'à 70m.

Trois de ces derniers appareils et deux électriques ont été utilisés simultanément à Monaco et à Villefranche.

([1]) *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 1410.
([2]) *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 1437.

Nous pensions mettre en évidence de cette manière des fluctuations en harmonie avec le régime des marées, comme cela se produit dans le détroit de Messine; mais, si celles-ci existent réellement, elles ne pourront se révéler qu'à la suite d'un grand nombre d'enregistrements, car elles sont certainement très faibles et complètement masquées par des phénomènes accessoires.

Ce qui résulte de nos relevés, c'est une relation très nette entre la direction du vent et les fluctuations de température sous-marine.

Deux vents principaux soufflent sur ces côtes : le vent d'est et le mistral. Ce dernier a d'ailleurs la réputation de refroidir l'eau de la mer : c'est exact, parfois en surface, mais le fait le plus étrange est que le refroidissement est généralement beaucoup plus marqué en profondeur qu'en surface; et en tout cas, le refroidissement se fait d'abord sentir dans les couches profondes avant d'atteindre la superficie.

Ce n'est donc pas par évaporation qu'il agit, comme on l'a parfois prétendu. Le phénomène est tout autre : le mistral est un vent de terre qui, pour l'ensemble de la côte, souffle vers le large; il produit, comme tout vent un peu violent, un courant superficiel : celui-ci chasse les couches de surface qui sont remplacées par les couches sous-jacentes qui remontent temporairement.

Le vent d'est a un effet tout différent : il pousse les couches superficielles du large venant du golfe de Gênes vers la côte. S'il se prolonge un peu, les couches inférieures se trouvent refoulées à un niveau plus bas par les couches de surface qui se mélangent.

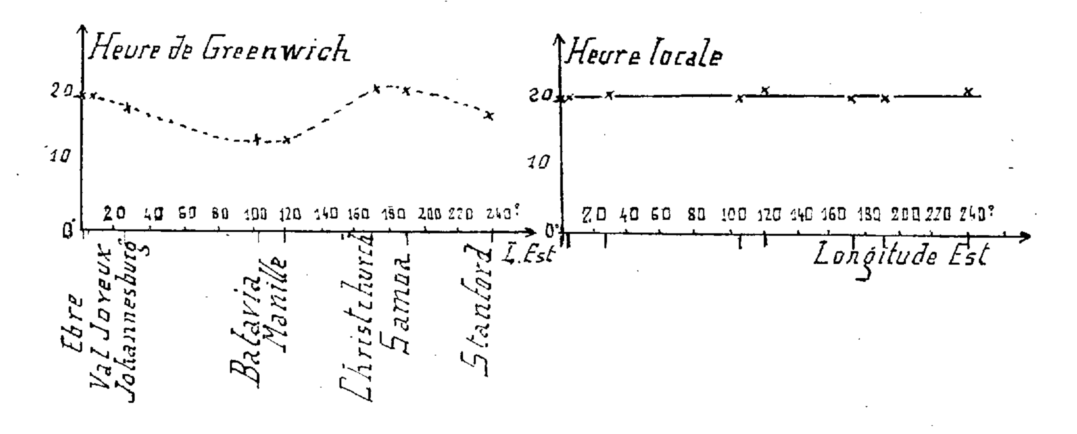
Aussi avons-nous trouvé cet été, après un vent d'est un peu prolongé, une couche presque uniforme de température jusqu'à parfois 40^m; la température descend ensuite rapidement (de $4°$ parfois sur une épaisseur de 5^m). Les couches froides remontent par la suite lentement, un certain temps après la cessation du vent d'est.

A ce phénomène se superposent des oscillations d'amplitude et de période variables (de quelques minutes à plusieurs heures) dont l'étude se poursuit.

ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE. — *Phase de la composante semi-diurne du gradient de potentiel électrique.* Note de M. R. **Guizonnier**, présentée par M. Ch. Maurain.

La méthode d'analyse déjà utilisée ([1]) pour isoler la composante diurne du gradient de potentiel a permis d'isoler la composante semi-diurne.

Pour cela, il a été retranché, des valeurs moyennes horaires mensuelles du gradient de potentiel, les valeurs correspondantes trouvées par l'analyse pour la composante diurne; sur ce reste, des combinaisons, convenant à la



composante semi-diurne, ont été calculées. L'étude a été faite pour : 1° l'Observatoire du Val-Joyeux, 1928 (longitude Est Greenwich 2°, latitude 49° Nord); 2° l'Observatoire de l'Èbre, 1918 (longitude Est 0°,5, latitude 41° Nord); 3° Johannesburg 1929-1930 (28° Est, 26° Sud); 4° Batavia, 1900 (105° Est, 3° Sud); 5° Christchurch, 1929 (172° Est, 44° Sud); 6° Samoa, 1907 et 1928 (171° Ouest, 14° Sud); 7° Stanford, 1929 (120° Ouest, 37° Nord).

Il a été trouvé, pour chaque station, en moyenne, un minimum vers 2^h, un maximum vers 8^h, un minimum vers 14^h, un maximum vers 20^h (heure locale). Tout le long d'une année d'ailleurs, pour une même station, en particulier au voisinage de l'équateur, la phase de la composante semi-diurne est sensiblement constante. Cela a permis de joindre à cette étude,

([1]) *Comptes rendus*, **195**, 1932, p. 1299; **197**, 1933, p. 265.

faite à partir de valeurs moyennes horaires mensuelles, des résultats obtenus, à partir de valeurs horaires, pour Manille (120° Est, 14° Nord) du 13 au 24 février 1931.

Pour les deux courbes (figure) résumant les résultats, il est porté : en abscisses, la longitude Est de la station, en ordonnées, l'heure moyenne du maximum de la soirée, soit en temps local (courbe en trait plein), soit en temps de Greenwich (courbe en trait discontinu).

Ces deux courbes concordent, évidemment, pour des longitudes voisines de 0° (temps local et temps de Greenwich pratiquement confondus) et aussi pour des longitudes voisines de 180°; en effet, dans ce dernier cas, les maxima qui ont lieu vers 8^h et 20^h (heure locale) se font, pour ces longitudes, vers 20^h et 8^h (heure de Greenwich) et il y a ainsi, comme pour les longitudes voisines de 0°, un maximum à 20^h (temps de Greenwich).

Ces courbes montrent donc nettement que c'est l'*heure locale* qui *doit être considérée, quand on étudie la composante semi-diurne du gradient de potentiel électrique*.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *La conductibilité électrique de l'air au Mont-Dore en août* 1933. Note de M. **G. Grenet**, présentée par M. Ch. Maurain.

J'ai mesuré la conductibilité électrique de l'air au Mont-Dore au moyen d'un appareil de Gerdien muni d'un électromètre bifilaire de Wulf.

Les mesures ont été faites, du 2 au 21 août 1933, aux environs de 9^h15 (T. M. G.). Le lieu d'observation a toujours été le « Cottage du Sancy », situé sur la route du Sancy un peu au-dessus et en dehors de la ville. Les conductibilités observées sont indiquées ci-dessous en unités électrostatiques C. G. S. :

Date.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	10.	11.
$\lambda^+ . 10^4$....	1,38	1,07	2,59	2,88	2,01	1,37	1,16	1,92	2,64
$\lambda^- . 10^4$....	1,34	1,34	2,52	2,79	1,93	1,61	1,11	2,19	2,65

Date.	12.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	21.	Moyenne.
$\lambda^+ . 10^4$....	2,32	2,15	2,38	2,38	2,99	2,36	2,23	2,32	2,12
$\lambda^- . 10^4$....	2,71	2,07	2,28	2,37	2,10	2,55	2,39	2,54	2,14

La conductibilité électrique totale moyenne $4,26.10^{-4}$ est environ double de celle que l'on observe habituellement à la surface du Globe. L'altitude (1050^m) est insuffisante pour expliquer ce résultat. Il peut être

dû soit à une grande pureté de l'air, soit à une forte teneur en émanations radioactives. Cette dernière hypothèse me semble très vraisemblable en raison de la proximité des sources thermales du Mont-Dore et de la forme très encaissée de la vallée.

Le rapport des conductibilités positives et négatives varie entre 0,80 et 1,42; sa valeur moyenne est très voisine de l'unité. Ce résultat semble assez net, cependant, en raison du petit nombre d'observations, il ne faut pas le considérer comme définitif.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur les lieux fréquemment foudroyés, dans le département de l'Aveyron.* Note de M. G. **Dauzère** présentée par M. Ch. Maurain.

La constitution géologique du sol du département de l'Aveyron présente une grande variété. Quand on se déplace du Nord au Sud, dans le département de l'Aveyron, on rencontre successivement les roches et les terrains suivants : dans l'extrême Nord, le sousbassement granitique du Plateau Central se prolonge sur de grandes surfaces; on traverse ensuite une large bande de schistes sériciteux: du côté de l'Est, les granits et les schistes sont recouverts, dans l'Aubrac, d'une vaste nappe de basaltes; au Sud des schistes, les grès rouges permiens constituent le Pays « rougier »; une bande étroite de lias (lias inférieur calcaire, lias supérieur marneux) sépare le rougier du Causse du Comtal, formé de calcaires Jurassiques.

Tels sont les caractères généraux de la région située au nord de Rodez, que j'ai explorée, au mois de juillet 1933, avec l'aide de MM. Chemin et Bastide, de Rodez. Notre but était de rechercher, en vue de la protection des lignes électriques, les points fréquemment foudroyés, dont la situation dépend de la constitution géologique du sol, comme je l'ai montré autrefois (1).

Conformément aux conclusions de nos études précédentes, la plupart des accidents qui nous ont été signalés se sont produits sur la ligne de contact des schistes et des granits avec les basaltes de l'Aubrac, et sur la bande étroite de lias supérieur en bordure du Causse. En dehors des lignes de contact, les roches les plus dangereuses sont les granits, puis viennent les

(1) *Comptes rendus*, t. 186, 1928, p. 1565 et 1744; *Revue scientifique*, 68e année, 22 nov. et 13 déc. 1930, p. 675 et 711.

schistes; les basaltes sont bien moins exposés; le rougier, le calcaire jouissent d'une grande sécurité.

Cependant les eaux souterraines du Causse introduisent une complication : les coups de foudre sont souvent distribués sur leur trajet et surtout à leurs points d'affleurement. Une vérification remarquable a été faite pour le Gouffre du Tindoul de la Vayssière, qui s'ouvre au milieu du Causse, et au fond duquel coule un ruisseau. Les quelques chênes du petit bois qui entoure l'ouverture du gouffre ont été presque tous foudroyés, jusqu'à une distance de 30 à 40m du bord.

Pour compléter notre exploration, nous avons effectué, en certains lieux, des mesures de conductibilité électriques de l'air, dont nous donnons ci-dessous les résultats. Ces nombres ne peuvent servir à caractériser les diverses stations au point de vue de l'ionisation de l'air et de la foudre; les mesures devraient être répétées à cet effet, en chaque station, dans des conditions météorologiques variées; ces valeurs donnent simplement une idée de l'ordre de grandeur des deux conductibilités λ_+ et λ_- pour les ions des deux signes, au contact des diverses roches :

Lieu.	$\lambda_+.10^4$.	$\lambda_-.10^4$.	$(\lambda_+ + \lambda_-).10^4$.	λ_+/λ_-.
Au bord du Tindoul de la Vayssière	16,67	21,67	38,34	0,77
Grotte de Salles-la-Source	9,56	10,16	19,72	0,94
Sur le calcaire du Causse (Meynac)	0,88	0,75	1,63	1,17
Dans une carrière de sable granitique (Soulages).	3,39	3,23	6,62	1,07
Sur une colonnade basaltique (Laguiole)	1,63	1,12	2,75	1,46

Les deux conductibilités sont très fortes et la conductibilité négative est prédominante dans la Grotte de Salles-la-Source et au bord du Tindoul de la Vayssière (une communication souterraine existe entre ces deux points distants de 5 à 6km). C'est là une manifestation de l'intensité de l'ionisation dans les grottes, qui explique immédiatement l'attraction de la foudre par leurs ouvertures, comme on l'observe au Tindoul.

BOTANIQUE. — *Intervention de l'épiderme dans la formation de bulbilles sur les feuilles vertes de Liliacées.* Note de M. **Pierre Chouard**, présentée par M. L. Blaringhem.

J'ai montré que beaucoup de Liliacées bulbeuses sont capables de produire des bulbilles adventives sur leurs feuilles vertes lorsqu'elles sont

coupées et conservées vivantes [1]. En examinant de nombreuses coupes en séries pratiquées à tous les stades du bourgeonnement, avec l'aide de M. Prévost-Brouillet, j'ai pu me rendre compte de la part importante prise par l'épiderme dans la production des nouveaux tissus.

Après la section de la feuille la surface coupée se cicatrise; puis la concentration de la sève augmente dans son voisinage; la quantité de chlorophylle diminue auprès de la section, et quelques excroissances apparaissent.

Il se produit, aussi bien dans l'épiderme que dans le parenchyme, des cloisonnements perpendiculaires et d'autres tangentiels à la surface foliaire intacte. Les cellules allongées de l'épiderme donnent naissance à des cellules plus ou moins cubiques, munies de gros noyaux en division active. Par ses cloisonnements tangentiels, l'épiderme forme bientôt un épais capuchon de tissus revêtant l'excroissance. La disposition des figures de caryocinèse, l'alignement des files nouvelles de cellules perpendiculairement à la surface, ne laissent aucun doute quant à la filiation de ces tissus à partir de l'épiderme primitif. Bientôt la couche tout à fait superficielle multiplie ses cellules qui s'organisent en un nouvel épiderme. Puis, les cellules sous-jacentes, qu'elles soient d'origine épidermique ou d'origine parenchymateuse, se multiplient par des cloisonnements dans tous les sens, qui ne tardent pas à rendre leur filiation confuse. La figure 2 a été prise aussitôt avant ce stade.

A ce moment apparaissent en profondeur des traces vasculaires à l'état procambial et des ébauches de racines adventives. Ces parties sont les seules qui soient toujours d'origine sous-épidermique.

Quand l'excroissance se transforme en bulbille organisée, sa surface se soulève en ébauches foliaires successives entourant le point végétatif. Ce sont les assises immédiatement sous-épidermiques qui prolifèrent de la sorte, et ces assises, comme on l'a vu, dérivent elles-mêmes, le plus souvent, de l'épiderme primitif. Plus tard, le bulbe évoluant, le nouveau plateau formé par le point végétatif, les nouvelles racines adventives provenant de la base des écailles, et même la future hampe florale, seront d'origine épidermique lointaine.

A vrai dire, pour un même lot de feuilles en expérience, on observe tous les degrés de prolifération de l'épiderme, depuis un petit nombre de cloi-

---

(1) P. Chouard, *Comptes rendus*, **191**, 1930, p. 1146; 65e *Congr. des Soc. sav.*, Besançon, 1932, p. 248.

sonnements tangentiels jusqu'à une délamination complète en nombreuses assises, cas le plus fréquent.

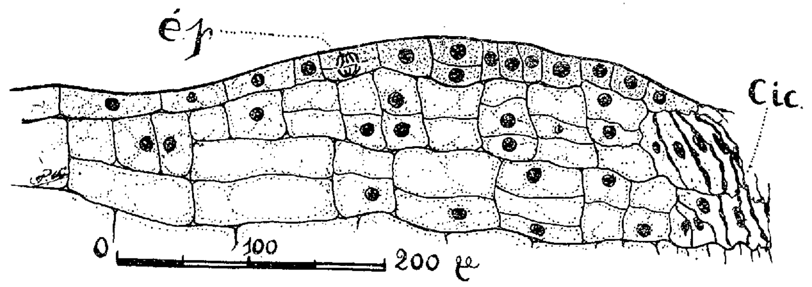


Fig. 1. — Stade de début dans la formation d'une bulbille sur une feuille coupée d'*Endymion* (*Scilla*) *lingulatus*. *Cic.*, tissu cicatriciel; *ép.*, premiers cloisonnements tangentiels dans l'épiderme; en dessous, cloisonnements dans le parenchyme.

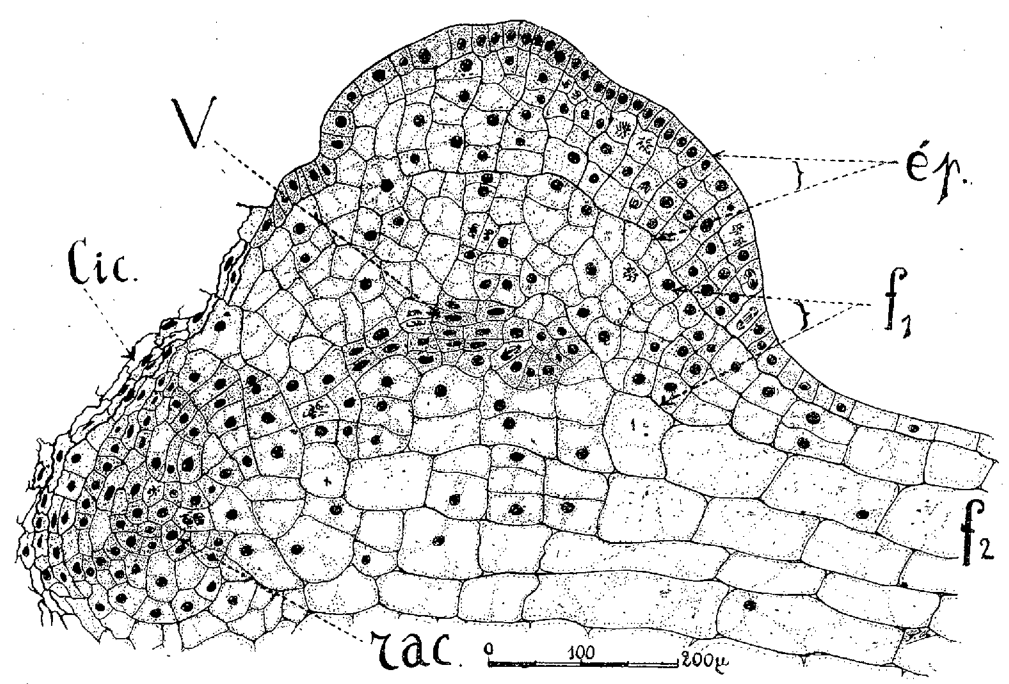


Fig. 2. — Stade plus avancé dans la formation d'une bulbille sur une feuille coupée d'*Endymion lingulatus*, immédiatement avant l'apparition des premières ébauches foliaires. *ép.*, bourrelet de tissus formé par les cloisonnements dans l'épiderme; f_1, assises de tissus formés par les cloisonnements dans la première file de cellules du parenchyme sous-épidermique; f_2. deuxième file de cellules du parenchyme; V., esquisse procambiale d'un paquet vasculaire; *Cic.*, tissu cicatriciel; *rac.*, ébauche d'une racine adventive.

On connaissait déjà quelques cas accidentels de bourgeonnement où l'épiderme intervenait plus ou moins : Lonay en cite un exemple dans le

bourgeonnement spontané sur les gaines d'*Ornithogalum caudatum;* Küster sur diverses galles, Haberlandt sur des tiges isolées de *Sedum*, de *Pelargonium*, d'*Allium*, Hartsema, Winkler, etc., dans le bourgeonnement épiphylle de *Begonia*, de *Torenia*, etc., ont observé des cloisonnements tangentiels dans l'épiderme (1). Mes expériences m'amènent à conclure que ce ne sont pas des cas exceptionnels : l'épiderme des Liliacées bulbeuses, surtout chez les *Endymion*, *Scilla verna*, etc., est capable de produire les parties les plus importantes d'une bulbille d'où peut sortir une nouvelle plante tout entière. Cet épiderme, différencié en longues cellules interrompues par des stomates, avait donc conservé néanmoins toutes ses potentialités évolutives.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Le Floridoside chez les Floridées.*

Note de MM. **H. Colin** et **E. Guéguen**, présentée par M. L. Mangin.

Dans l'une des plus belles espèces de Floridées marines, *Rhodymenia palmata*, nous avons découvert un principe sucré, nouveau à tous égards, formé d'une molécule de glycérol et d'une de galactose α fixée au groupement alcool secondaire du glycérol (2).

C'est à ce principe que sont dues les propriétés essentielles de l'extrait alcoolique de *Rhodymenia*, notamment sa forte rotation à droite, qui diminue des deux tiers environ par action des acides étendus, tandis que le milieu devient réducteur. Nous lui avons donné le nom de Floridoside, ayant de bonnes raisons de le croire présent dans d'autres Floridées.

De fait, il vient d'être identifié dans plusieurs espèces d'eau douce, *Lemanea nodosa*, *Sacheria fucina*, en même temps que le tréhalose, ce dernier en quantité bien moindre (3).

Le cas qui nous préoccupait davantage était celui des Floridées riches en amidon, telles que *Furcellaria*, *Halopithys*, où les glucides solubles sont loin d'avoir la même importance et de subir les mêmes variations saisonnières que dans *Rhodymenia palmata*. On en peut juger d'après la rotation

(1) H. Lonay, *Mém. Soc. roy. des Sc. de Liége*, 3, IV, 1902, 82 pages. Cf. K. Linsbauer, *Die Epidermis*, Berlin 1930, p. 213-217.

(2) H. Colin et E. Guéguen, *Comptes rendus*, 190, 1930, p. 653 et 884; 191, 1930, p. 163; et E. Guéguen, *Diplôme supérieur de Pharmacien*, Paris, 1931, p. 31.

(3) H. Colin et J. Aucier, *Comptes rendus*, 195, 1933, p. 1042; 196, 1933, p. 423.

initiale des extraits alcooliques de *Furcellaria fastigiata*, espèce sur laquelle ont porté nos recherches. Les Algues ont été récoltées à la pointe du Croisic et traitées séance tenante, au laboratoire maritime, par l'alcool bouillant.

Date des récoltes.	Rotation initiale ($l=2$; 100$^{cm^3}$ de liqueur pour 100^g d'algues fraîches). *Furcellaria fastigiata.*	*Rhodymenia palmata.*
1927. 28 septembre......	+3°.36′	+17°.10′
11 octobre........	3.54	8
1928. 6 mars...........	1.34	1. 8
7 avril...........	1.40	1.56
17 juillet..........	1.54	22.18
2 septembre......	2.25	17.20
14 octobre........	3.10	20.24

Tout paraissait indiquer qu'il s'agissait du floridoside, la variation de la rotation par hydrolyse, l'ordre de grandeur de l'indice de réduction, la saccharification par la galactosidase α, à l'exclusion de l'α-glucosidase, la présence de glycérine dans les liqueurs d'hydrolyse. Encore convenait-il d'isoler le principe. La difficulté tient, non seulement à sa faible concentration dans l'Algue, mais à la masse des sels qui l'accompagnent.

Par surcroît, les cendres de *Furcellaria* sont particulièrement riches en magnésium qu'il est impossible d'éliminer par cristallisation dans l'alcool, comme on le fait pour les sels de sodium. On peut, par adjonction de phosphate de soude, précipiter, à l'ébullition, une partie du magnésium à l'état de phosphate trimagnésien, quitte à se débarrasser ensuite des sels de sodium. Mais le plus simple, pour déminéraliser l'extrait est de le traiter, après défécation phosphotunstique, par un échangeur de bases, une zéolithe, plombique ou argentique.

Les liqueurs ainsi purifiées n'ont pas tardé à cristalliser : prismes orthorhombiques, à biréfringence négative; $f = 86°\text{-}87°$, au tube capillaire; eau de cristallisation $= 6,9$ pour 100; $[\alpha]_D = 150$, en solution aqueuse.

A ces caractères, on reconnaît le floridoside le plus authentique.

Nous avons analysé maintes autres espèces de Floridées, parmi les plus accessibles :

Ceramium rubrum.
Chondrus crispus.
Cystoclonium purpurascens.
Corallina officinalis.
Dellesseria Hypoglossum.
Furcellaria fastigiata.
Gelidium corneum.
Gigartina mamillosa.
Gigartina acicularis.
Gracilaria confervoïdes.
Griffithsia setacea.
Griffithsia corallina.
Halopithys pinastroïdes.
Lomentaria articulata.
Laurencia pinnatifida.
Plocamium coccineum.
Polyides rotundus.
Porphyra laciniata.
Sarcophyllis edulis.

Les extraits alcooliques de toutes ces Algues sont assez fortement dextrogyres, non réducteurs. Kylin (1) l'avait constaté déjà pour quelques espèces; toutefois, avec *Ceramium rubrum*, il n'obtenait que des liqueurs lévogyres. Cette exception n'est pas justifiée et ne tient qu'à la grande altérabilité de l'algue; ébouillantés à l'alcool fort, aussitôt après la récolte, les *Ceramium*, comme d'autres espèces aussi fragiles, donnent des extraits nettement dextrogyres. Par hydrolyse, sous l'action des acides ou de la galactosidase α, ces liqueurs deviennent réductrices et, sauf perturbation, leur rotation, comme c'est le cas pour les solutions de floridoside, diminue environ des deux tiers.

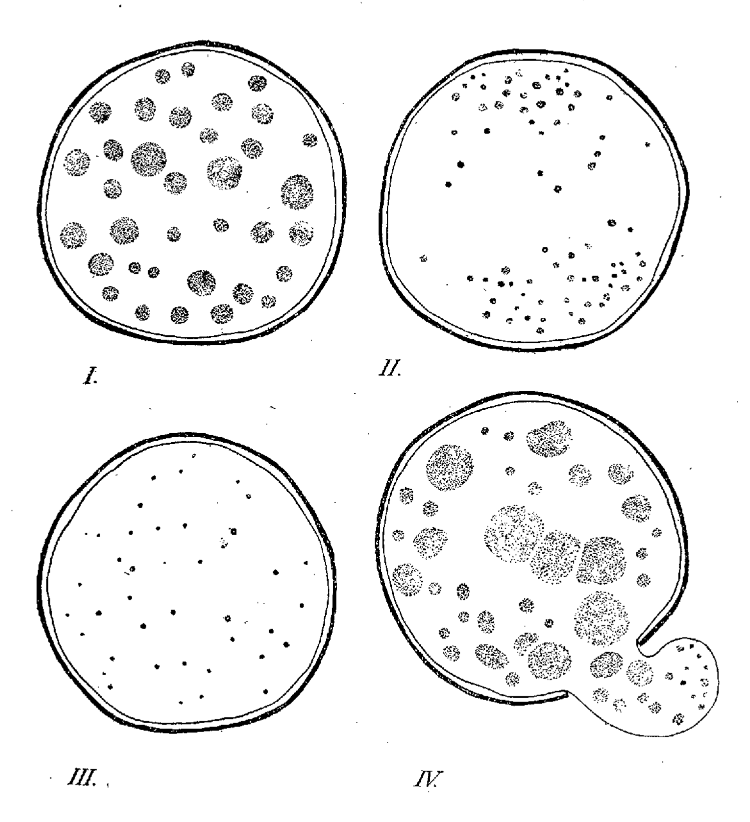
Toute une catégorie d'Algues élaborent ainsi, en fait de sucre, un galactoside de glycérine, le *floridoside;* on n'y rencontre ni saccharose, ni glucose libre, ni lévulose, si répandus chez les plantes vasculaires.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la possibilité de déshydrater les vacuoles du pollen de* Nicotiana Alata. Note de Mme **Hurel-Py**, présentée par M. L. Mangin.

Au cours d'un précédent travail (2) sur l'évolution du système vacuolaire dans l'assise sporogène des plantes vasculaires, j'ai montré que le volume des vacuoles des grains de pollen dépend essentiellement de l'état de maturation de ceux-ci; le grain de pollen jeune offre une grosse vacuole centrale qui est bientôt remplacée par de nombreuses vacuoles devenant de plus en plus petites au cours de la maturation [P. Dangeard dans une Note récente semble avoir obtenu des résultats assez semblables aux miens (3)].

(1) H. Kylin, *Zs. f. Physiol. Chem.*, **94**, 1915, p. 355; **101**, 1918, p. 243.
(2) *Revue générale de Botanique*, **44**, 1932, p. 316.
(3) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 858.

Admettant que la fragmentation de la grosse vacuole en nombreuses petites vacuoles au cours de la maturation du grain de pollen est due à une désimbibition des colloïdes contenus dans celle-ci, et comparant ce phénomène à la transformation des vacuoles en grains d'aleurone dans les graines, j'ai essayé d'obtenir expérimentalement une déshydratation plus complète des vacuoles des grains de pollen. L'expérience a porté sur le *Nicotiana*



alata. Les étamines de chaque fleur cueillie ont été réparties en deux lots : celles du premier lot ont été immédiatement enfermées en présence d'anhydride phosphorique dans de grands flacons hermétiquement bouchés. Une partie des étamines du deuxième lot a été mise à germer dans une solution de saccharose à 8 pour 100; l'autre a été colorée vitalement par le rouge neutre. Ceci permit de constater que les grains de pollen étudiés possédaient un pouvoir germinatif important (85 pour 100 environ) et que les vacuoles étaient petites et nombreuses, éparses dans tout le cytoplasme (*fig. I*).

Après deux jours de dessiccation, une fraction des grains de pollen du premier lot a été prélevée. Quelques grains colorés vitalement par le rouge neutre montrèrent une notable diminution du volume de leurs vacuoles (*fig. II*). Les autres mis dans une solution de saccharose germèrent normalement. Un deuxième examen a eu lieu après 15 jours de dessiccation et quelques grains ont été colorés par le rouge neutre. La coloration s'obtient plus lentement et les vacuoles apparurent comme de minuscules points rouges disséminés dans le cytoplasme incolore. Les essais de germination tentés avec d'autres grains de la même provenance permirent de constater que ceux-ci avaient encore conservé leur pouvoir germinatif : mais celui-ci avait un peu diminué. Un troisième prelèvement a été fait après plus d'un mois de dessiccation et traité de la même façon : examinés au microscope dans une solution de rouge neutre, les grains de pollen montrèrent dans leur cytoplasme de nombreux granules réfringents qui n'existent pas dans le pollen frais et qui paraissent correspondre à des vacuoles solidifiés. Ceux-ci se colorèrent par le rouge neutre, mais après un temps assez long (*fig. III*). D'autres grains de pollen de ce même prélèvement furent mis à germer. La germination ne débuta qu'au bout de 7 à 8 heures d'immmersion dans l'eau saccharosée. Pendant ce laps de temps, les vacuoles absorbèrent peu à peu de l'eau et reprirent exactement l'aspect qu'elles avaient dans le pollen frais. La germination se poursuivit normalement (*fig. IV*).

Une dernière expérience, enfin, a porté sur des grains de pollen conservés pendant un an en présence d'anhydride phosphorique, mais à ce moment, ils étaient tous morts.

Traités pendant six mois de la même manière, les grains de pollen de *Narcissus pseudo-narcissus* avaient également perdu leur vitalité; ceux d'*Antirrhinum majus* conservés aussi dans une atmosphère desséchante, pendant huit jours, montrèrent des vacuoles notablement diminuées de volume et présentèrent tous les caractères des cellules vivantes. Cependant, ils ne germèrent pas, ce qui n'a rien d'étonnant, étant donné que la germination de ce pollen est difficile à obtenir et dépend de conditions que je n'ai pas toutes réussi à déterminer. D'autres expériences sont en cours.

Les résultats de ces recherches démontrent donc que des grains de pollen desséchés en présence d'anhydride phosphorique, même pendant un temps assez long, conservent leur pouvoir germinatif. Ils prouvent en outre qu'on peut arriver à obtenir une désimbibition complète des vacuoles des grains de pollen, analogue à celle qui se produit pour les vacuoles des graines passant à l'état de vie ralentie (grains d'aleurone).

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Sur l'intervention des phénomènes thermiques dans l'action biologique des ultra-sons.* Note de MM. **E.** et **H. Biancani** et **A. Dognon**, présentée par M. A. Desgrez.

Pour expliquer les actions intenses produites par les ultra-sons sur certains êtres unicellulaires ou sur les petits animaux aquatiques, on a toujours, à notre connaissance, fait appel au phénomène de « cavitation » interne, c'est-à-dire au dégagement de bulles gazeuses au sein des tissus, bien qu'on ait jamais pu mettre ce phénomène en évidence. Au contraire l'étude des solutions liquides ou solides de gélose montre que la cavitation n'existe pas, si la concentration est suffisante, alors qu'elle est extrêmement marquée dans les liquides comme l'huile, l'eau, etc.

Nous avons étudié le comportement thermique de différentes substances solides ou mi-solides dans un champ ultra-sonore, comportement qui est, entre autres facteurs, fonction de leurs propriétés absorbantes pour ces vibrations.

Ces substances ont été placées dans un petit cylindre d'aluminium d'environ 2^{cm^3} de capacité, au centre duquel se trouve le réservoir d'un très petit thermomètre. Le cylindre est placé dans le bain vibrant dont la température est maintenue constante, avec de la glace. Voici les résultats obtenus pour différentes substances :

	Température extérieure.	Température intérieure en 30 secondes.
	°	°
Gelée d'agar	19	19
Paraffine (solide)	21	39
Graisse à robinets	19	44

Il existe donc d'énormes différences entre les substances, les unes ne s'échauffant en aucune façon, les autres subissant, dans les mêmes conditions, une élévation thermique de 25°. Nous avons alors étudié, de la même façon, un certain nombre de substances organiques ou de tissus :

	Température extérieure.	Température intérieure après 30 secondes.
	°	°
Blanc d'œuf (coagulé)	24	25
Blanc d'œuf non coagulé	17	18
Jaune d'œuf	19	30
Foie	23	32
Cervelle	21,5	31

Il existe donc ici encore, de très grosses différences entre ces diverses substances. Alors que les sols ou gels colloïdaux (agar, ovalbumine) transmettent parfaitement et ne s'échauffent pas, les matières grasses ou lipoïdiques montrent des élévations de température parfaitement suffisantes pour expliquer les actions produites par les ultra-sons chez les petits animaux aquatiques (poissons et têtards). Celles-ci, en effet, ne se produisent que pour des intensités considérables et se manifestent, pour des irradiations prolongées, par une paralysie d'abord réversible, puis aboutissant à la mort. Il est naturel de penser qu'un tel effet puisse être amené, par exemple, par un échauffement sélectif du cerveau, contre lequel les procédés de réfrigération habituellement employés restent inopérants.

Par contre, le mécanisme de la destruction des êtres unicellulaires doit être tout différent, en raison des quantités très faibles d'énergie qui sont nécessaires pour la produire.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur les caroténoïdes d'une levure rouge* (Torula rubra). Note de M. **E. Lederer**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Zopf (1) a constaté en 1889 la présence d'un caroténoïde dans les cellules d'une levure rouge, *Torula rubra*. En 1916, Chapman (2) a essayé sans succès de purifier ce pigment et a trouvé que son spectre d'absorption diffère de celui du carotène.

Nous avons trouvé que la matière colorante d'une torula rouge, cultivée à l'Institut Pasteur, consiste en *quatre caroténoïdes* différents, dont trois présentent les caractères de solubilité des hydrocarbures et le quatrième la solubilité d'un acide ou plutôt d'une lactone.

Nous avons séparé les trois premiers à l'aide de l'adsorption chromatographique en faisant passer la fraction insaponifiable, dissoute dans l'essence de pétrole, à travers une colonne d'oxyde d'aluminium : trois zones colorées se sont formées. Nous les avons séparées mécaniquement et en avons élué les pigments adsorbés par de l'éther de pétrole contenant du méthanol. Après évaporation à sec, nous avons obtenu deux pigments à l'état cristallisé et nous les avons recristallisés à l'aide d'un mélange de benzène et de méthanol.

---

(1) Zopf, *Zeitschr. f. wiss. Micros.*, 6, 1889, p. 172.

(2) A. Ch. Chapman, *Biochem. Journ.*, 10, 1916, p. 548.

L'un de ces caroténoïdes cristallisés est identique au carotène β, d'après son spectre d'absorption (521, 484, 451$^{m\mu}$ dans CS^2) ainsi que d'après son adsorbabilité, d'après la forme et le point de fusion de ses cristaux (+180°).

L'autre caroténoïde cristallisé n'est identique à aucun des caroténoïdes connus jusqu'ici. Nous proposons pour ce nouveau pigment le nom de *torulène*. Son spectre d'absorption montre quatre bandes dans la partie visible du spectre (566, 522, 491, 461$^{m\mu}$ dans CS^2 et 523, 491, 460, 430$^{m\mu}$ dans l'essence de pétrole et dans l'alcool absolu). Les cristaux de torulène se décomposent à +180°; ils sont assez solubles dans l'éther de pétrole et très peu solubles dans l'alcool.

Le troisième hydrocarbure se décompose facilement, aussi n'avons-nous pas pu le purifier.

La quatrième caroténoïde de la torula est soluble dans l'alcool alcalin qu'il colore en rouge foncé. Si l'on ajoute de l'acide acétique, le pigment passe dans l'éther de pétrole. On ne peut pas extraire le caroténoïde de cette solution avec du méthanol à 90 pour 100, ni avec le carbonate de sodium, mais seulement avec de la soude alcoolique. Par ces propriétés le nouveau pigment se rapproche beaucoup de l'astacine, oxylactone de formule $C^{27}H^{32}O^3$, qui constitue, sous forme de différents composés, les pigments des crustacés [1]. Le parallélisme entre ces deux pigments se retrouve aussi dans leurs spectres d'absorption qui montrent une seule bande assez large. Celle du pigment de torula s'étend dans CS^2 de 600 à 535$^{m\mu}$, celle de l'astacine dans le même dissolvant a un maximum vers 500$^{m\mu}$.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *La génétique des blés et la panification.* Note de M. E. **Fleurent**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

La qualité des farines que réclame la boulangerie pour la préparation du pain dépend, au premier chef, de la qualité des blés livrés à la meunerie par l'agriculture. Cette qualité est elle-même fonction de la quantité de gluten que ces farines renferment et, à taux égal de gluten, de l'élasticité plus ou moins grande de ce dernier produit. Les statistiques d'analyse du

---

(1) R. Kuhn et E. Lederer, *Ber. d. Deutsch. chem. Ges.*, 66, 1933, p. 488; R. Kuhn, E. Lederer et A. Deutsch, *Zeitschr. f. physiol. Chem.*, 220, 1933, p. 229; R. Fabre et E. Lederer, *C. R. Soc. Biol.*, 113, 1933, p. 344.

Laboratoire de la Bourse de Commerce de Paris, considérées de 1869 à 1900, ont montré que si, à ce double point de vue, les blés français ont donné toute satisfaction jusque vers 1890, par contre, l'introduction progressive, en agriculture, des variétés à haut rendement ont modifié peu à peu cet état de choses et posé ainsi, particulièrement dans ces dernières années, le problème de la recherche, par les génétistes, de variétés de blé pouvant donner satisfaction à la fois aux industries intéressées et à la consommation. A ce point de vue des résultats intéressants ont déjà été obtenus.

Mais il est aujourd'hui nettement établi que ces recherches, pour être menées à bien, doivent être contrôlées par des données physiques et chimiques qui permettent de suivre les farines jusqu'à leur dernier stade de transformation et de fixer ainsi rationnellement le choix des agriculteurs.

A ce dernier point de vue, j'ai poursuivi, à mon Laboratoire et en boulangerie, des expériences qui éclairent les principaux points de la question et qui font l'objet d'un mémoire qui paraîtra ailleurs. J'expose dans la présente Note, les conclusions résumées de ce travail.

I. Au point de vue de la richesse en matière azotée, si l'on tient compte : 1° de l'infériorité que présentent, pour la réparation des tissus de l'organisme, les protéides végétaux par rapport aux protéides d'origine animale; 2° de l'action dynamique spécifique qui classe, d'une façon générale, pour le maintien de l'équilibre thermique des homéothermes, les substances protéidiques bien après les glucides; 3° du fait déjà démontré [1] que la prédominance de l'amidon entraîne pour toutes les farines, quel qu'en soit le taux d'extraction, un pouvoir calorifique voisin de 3300 calories par kilogramme, on peut conclure qu'au point de vue biologique il n'y a aucun intérêt à dépasser de façon exagérée, dans la recherche des blés de qualité, le taux minimum de gluten correspondant à une bonne valeur boulangère.

II. Les données de la pratique et celles résultant d'expériences répétées permettent de conclure que le taux minimum de 7 à 7,5 pour 100 de gluten, compté sur le blé entier et correspondant à 9-9,5 pour 100 pour les farines à 70 pour 100 d'extraction est largement suffisant pour assurer la qualité des diverses farines qu'on peut extraire d'un même blé.

III. D'après les données actuelles, le complexe gluten n'existant qu'entre le $pH = 7$ de la gliadine chargée positivement et le $pH = 5$ de la gluténine chargée négativement, il s'ensuit que la fermentation panaire qui, outre la

---

(1) *Le pain de froment*, p. 190 (Paris, Gauthier-Villars).

fermentation alcoolique dominante, s'accompagne toujours de fermentations acides secondaires peut, en abaissant plus ou moins le taux du pH, agir sur le gluten au point d'en avoir modifié complètement la qualité au moment de l'enfournement. Les expériences comparatives, conduites au laboratoire et en boulangerie, ont montré qu'il en est bien ainsi et permettent de poser les conclusions suivantes : 1° Les propriétés du gluten ne sont pas sensiblement modifiées lorsqu'on passe du pH = 5 au pH = 3; 2° au-dessous de ce taux, les acides organiques fixes et volatils formés au cours de la fermentation agissent par dispersion colloïdale sur la gliadine au point d'empêcher l'extraction du gluten dès qu'on atteint un pH voisin de 2; 3° cet inconvénient n'existe pas pour le travail sur levure et atteint toute son importance dans le travail sur levain en raison d'une acidité totale de 2,5 à 3 fois supérieure à celle obtenue sur levure.

La conclusion générale qui découle des observations précédentes et d'autres encore qu'on trouvera dans le Mémoire complet, c'est que le travail de boulangerie sur levure donne du pain de qualité supérieure, à tous les points de vue, à celui obtenu sur levain et que, dans tous les cas, c'est seulement sur les produits terminés qu'on peut apprécier la valeur boulangère comparative des blés ou des farines mises en expériences.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Influence de l'origine des souches microbiennes sur le bilan de l'azote dosable par la méthode de Kjeldahl dans les cultures aérobies.* Note de MM. **M. Lemoigne** et **R. Desveaux**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Nous avons montré antérieurement que, dans les cultures âgées de nombreux microbes, il y a souvent un déficit important d'azote dosable par la méthode de Kjeldahl [1]. Au cours de ces recherches nous avons été frappés par l'irrégularité du phénomène.

Nous avons sélectionné les microbes isolés de milieux naturels et conservé ceux qui nous ont donné les pertes les plus élevées. Or, nous avons été gênés par ce fait que leur activité au point de vue de la perte d'azote diminue souvent dans des proportions considérables. Il en résulte

---

(1) M. Lemoigne et P. Dopter, *Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 160, et M. Lemoigne, P. Dopter et R. Desveaux, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, **15**, 1933, p. 1019.

de grandes irrégularités qui nous ont fait perdre beaucoup de temps. Aussi nous sommes-nous efforcés d'en déterminer les causes.

Nous avons ainsi constaté qu'un premier facteur extrêmement important est l'âge de la souche, quand elle est conservée sur milieu gélosé sucré. Dans ce travail nous exposons les résultats obtenus à ce point de vue.

La technique employée dans tous ces essais est celle qui a été décrite dans un travail précédent ([1]). Les cultures sont faites en bouillon peptoné, dans les ballons de Kjeldahl, munis d'une soupape contenant de la ponce sulfurique.

Les microbes sont conservés sur gélose au bouillon de haricots sucré, préparé suivant la technique de Mazé ([2]), mais sans chlorure de sodium.

Nous donnons quelques-uns des résultats dans le tableau suivant :

Age de la souche sur gélose sucrée.	Age de la culture en bouillon peptoné.	Azote pour 50$^{cm^3}$ de culture en milligrammes		Différences de l'azote	
		avant.	après.	en milligrammes.	en pour 100 de N initial.
		Microbe n° 11 (isolé du fumier).			
30 jours	100 jours	80	52,8	27,2	34,0
150 »	80 »	129,5	109,5	19,8	15,3
210 »	60 »	78,1	75,8	2,3	2,9
		Microbe n° 14 (isolé du fumier).			
30 »	100 »	80	61,6	18,4	23,0
210 »	60 »	129,5	125,5	3,8	2,9
		Bacille pyocyanique.			
150 »	15 »	84,4	78,4 à 80,2	6,0 à 4,2	7,1 à 5,0
» »	45 »	84,4	70,4 à 69,0	14,0 à 15,5	16,6 à 18,2
» »	105 »	84,4	43,5 à 57,8	40,9 à 26,6	48,2 à 31,4
205 »	20 »	79,6	73,7 à 77,1	5,9 à 2,5	7,4 à 3,1
» »	48 »	79,6	74,5 à 71,2	5,1 à 8,4	6,4 à 10,5
» »	160 »	79,6	66,5	13,1	16,5
235 »	20 »	82,0	82,05 à 82,1	0,05 à 0,1	0,06 à 0,12
» »	150 »	82,0	81,1 à 76,8	0,9 à 5,2	1,1 à 6,3

Nous voyons que les repiquages sur gélose sucrée, atténuent peu à peu l'activité des microbes quant au phénomène étudié. Nous reviendrons par

---

([1]) P. Mazé, *Ann. I. P.*, 11, 1897, p. 44.

la suite sur la signification physiologique de ce fait, mais nous voulons dès maintenant attirer l'attention sur son importance au point de vue technique.

Il explique, en effet, beaucoup des irrégularités et des résultats négatifs que nous avons constatés. Il permet également de comprendre en partie la confusion des travaux de beaucoup de nos devanciers.

Conclusion. — 1° Les pertes d'azote dosable par la méthode de Kjeldahl qui se produisent avec beaucoup de microbes cultivés sur milieu peptoné liquide, sont très irrégulières.

2° Parmi les causes de ces irrégularités, il faut mettre au premier plan la durée pendant laquelle la souche est maintenue sur gélose sucrée. L'activité des microbes quant au phénomène envisagé diminue en effet peu à peu si on les conserve sur ce milieu.

MÉDECINE VÉTÉRINAIRE. — *Vaccination contre le rouget des porcs avec le bacille non atténué.* Note de M. **Ch. Hruška**, présentée par M. F. Mesnil.

Ayant démontré la possibilité de vacciner les animaux domestiques contre la fièvre charbonneuse avec la bactéridie glucosidée ([1]) et vu les bons résultats obtenus avec cette méthode dans la pratique ([2]), nous nous sommes demandé s'il ne serait pas possible d'immuniser les animaux avec le bacille du rouget des porcs non atténué, tout en évitant les accidents de vaccination. Les recherches effectuées par nous depuis de longues années en des essais de vaccination contre le rouget des porcs, fondés sur la vaccination glucosidée contre la fièvre charbonneuse, nous ont donné des résultats appréciables. Voici les faits :

1° *Expériences avec le bacille du rouget des porcs virulent.* — La souche Z est ensemencée dans le bouillon ordinaire sans peptone (pH 7,4). Après 48 heures d'étuve, la culture est inoculée à la dose de $0^{cm^3},5$ à 10 lapins sous la peau. De 4 à 12 jours après, 6 lapins ont succombé à l'infection.

2° *Expériences avec le bacille glucosidé du rouget des porcs.* — Le bouillon ordinaire (100^{cm^3}) à qui on additionne 50^{mg} de digitonine (digit. cryst. de Merck) et 100^{mg} de saponine (sap. pur. alb. de Merck) est stérilisé. On

([1]) *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 822.

([2]) *Comptes rendus de la Soc. de Biol.*, **112**, 1933, p. 771.

l'ensemence avec le bacille du rouget des porcs (souche Z) et après 48 heures d'étuve on obtient en profondeur une culture abondante. En l'injectant après 48 heures d'étuve à la dose de $0^{cm^3},5$ sous la peau aux 10 lapins, on constate le lendemain une légère réaction locale avec une petite nécrose centrale. Ces lapins guérissent en 10 jours sauf un qui a succombé à la maladie du rouget. Réinoculés alors 15 jours plus tard avec $0^{cm^3},5$ d'une culture de bacille du rouget des porcs de 48 heures en bouillon (souche Z), ils résistent quoique la plupart des lapins témoins aient succombé à l'infection. La culture glucosidée, ainsi préparée et laissée après 48 heures d'étuve 8 à 10 jours à l'abri de la lumière à la température de la chambre, change son aspect macroscopique. Au lieu d'être homogène, on remarque les 8 à 10 jours après que la culture devient claire et que les bacilles tombent au fond du vase avec grumeaux apparents. Quelques secousses suffisent pour transformer des grumeaux en une poussière homogène. Les lapins, inoculés sous la peau avec $0^{cm^3},5$ de la culture glucosidée âgée de 8 à 10 jours, résistent en présentant la réaction précédemment décrite, et se montrent 15 jours plus tard immunisés. Même à la dose de 1^{cm^3} de la culture glucosidée, les lapins résistent.

En injectant la culture glucosidée âgée de 10 jours à la dose de $0^{cm^3},5$ aux porcs pesant moins ou plus de 50^{kg}, on remarque chez eux, quelques heures après l'injection, une élévation thermique passagère et une réaction purement locale qui, peu à peu, disparaît. Les porcs ainsi immunisés sont devenus réfractaires à la maladie du rouget 12 jours après une seule inoculation de la culture glucosidée non atténuée. Le bacille du rouget des porcs conserve sa virulence inaltérée même après 4 mois de conservation en milieu glucosidé; ensemencé sur gélose ou dans le bouillon ordinaire, il donne une culture qui tue les souris et les pigeons à faible dose. On a obtenu des résultats semblables, même avec les autres souches du rouget des porcs.

Ayant ainsi démontré la possibilité de vacciner contre la fièvre charbonneuse et contre le rouget des porcs avec les cultures non atténuées, on peut apprécier l'importance du rôle des glucosides des plantes pour d'autres maladies infectieuses.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *De la présence de l'antitoxine diphtérique, d'origine naturelle, chez le singe.* Note de M. G. **Ramon** et de M[lle] **B. Erber**, présentée par M. F. Mesnil.

Au cours des recherches sur l'intoxication diphtérique expérimentale, nous avons constaté des différences individuelles très accusées dans la manière dont se comportent les singes à l'égard du poison de Roux et Yersin.

Nous nous sommes immédiatement demandé si la résistance à la toxine diphtérique qu'offrent certains sujets du groupe des Singes n'est pas due à la présence dans leur sérum d'antitoxine spécifique. On sait, en effet, que dans diverses espèces, certains individus recèlent naturellement de l'antitoxine diphtérique : il en est ainsi chez l'homme; il en est de même chez le cheval. Récemment l'antitoxine tétanique a été décelée, en quantité parfois considérable, chez les Bovidés (¹), ce qui explique que le tétanos est exceptionnellement constaté chez les animaux de cette espèce (²).

Nous avons donc entrepris systématiquement la recherche et le dosage de l'antitoxine diphtérique chez une cinquantaine de singes. Ces singes appartiennent à des genres divers : Cynocéphale, Macaque, Babouin, Hamadryas, Chimpanzé, etc. Les uns sont depuis un temps plus ou moins long dans un laboratoire à Paris (laboratoire du professeur A. Pettit à l'Institut Pasteur), les autres y sont arrivés tout dernièrement, venant directement de leur contrée d'origine. Le plus grand nombre était, au moment de nos essais, des animaux neufs; quelques-uns seulement avaient reçu du virus poliomyélitique.

La technique suivie pour la recherche et le dosage de l'antitoxine diphtérique chez nos singes est celle habituellement utilisée, par l'un de nous, dans des essais du même genre : on prépare des mélanges renfermant une quantité fixe de toxine étalon et des quantités variables du sérum à examiner. On éprouve ces différents mélanges sur des cobayes du poids de 250^g. La mort ou la survie des cobayes d'épreuve indique l'absence ou la présence d'antitoxine dans le sérum examiné et permet en outre d'en estimer la valeur.

Chez 30 de nos 52 singes, soit 58 pour 100, l'antitoxine diphtérique s'est révélée, sinon absente, du moins en proportion inférieure à celle qui

(¹) G. Ramon et E. Lemétayer, *C. R. Soc. Biol.*, 112, 1933, p. 1157.

(²) G. Ramon et E. Lemétayer, *Bulletin de l'Académie vétérinaire*, 6, 1933, p. 183.

correspond à 1/30e d'unité antitoxique par centimètre cube de sérum (taux qui permet à l'homme de présenter une réaction négative à l'épreuve de Schick). Chez 22 singes, soit 42 pour 100, nous avons trouvé des quantités plus ou moins importantes d'antitoxine; chez la plupart d'entre eux, le taux d'antitoxine est compris entre 1/20e et 1/10e d'unité par centimètre cube de sérum; chez quelques-uns, il dépasse 1/10e d'unité allant jusqu'à 1/3 d'unité; dans ce dernier cas, 1^{cm^3} du sérum de singe neutralise la quantité de toxine diphtérique représentant 30 doses mortelles pour le cobaye. On voit par là que le sérum de certains singes peut se montrer relativement riche en antitoxine diphtérique. A titre de comparaison, nous dirons que, d'une part, la proportion de singes porteurs d'antitoxine diphtérique et, d'autre part, la quantité d'antitoxine trouvée chez ces animaux, correspondent, dans une certaine mesure, à celles que l'on rencontre chez les enfants (des villes) âgés de 8 à 12 ans et non vaccinés, et aussi chez les chevaux de nos régions (1).

Ajoutons que l'antitoxine diphtérique a été décelée aussi bien chez les singes récemment arrivés des colonies que chez ceux vivant depuis plus ou moins longtemps dans un laboratoire, au contact de l'homme.

Les résultats de nos recherches mettent en garde les expérimentateurs contre les causes d'erreur qui ont pu intervenir déjà ou qui peuvent intervenir dans les expériences d'intoxication ou d'infection diphtérique chez le Singe.

La question de la présence de l'antitoxine diphtérique chez le Singe se rattache, par ailleurs, à un problème d'ordre général des plus intéressants et qui concerne le mécanisme intime de l'apparition et de la formation de l'antitoxine chez les animaux qui n'ont pas été soumis à la vaccination par l'anatoxine spécifique, et qui ne sont pas sujets aux atteintes apparentes de la maladie. Dans des essais en cours, nous cherchons à profiter des constatations faites chez le Singe, pour étudier ce problème.

CHIMIE PATHOLOGIQUE. — *Présence, dans l'urine des sujets atteints de tumeur maligne, d'un principe doué d'une action sur la cortico-surrénale.* Note de M. **Max Aron**, présentée par M. M. Caullery.

L'hypothèse qui a dicté les recherches relatées dans cette Note préliminaire a été que les tumeurs malignes sont susceptibles d'être la source de

(1) Voir G. Ramon, *Recueil de Médecine Vétérinaire,* **150**, 1925, p. 227; G. Ramon, E. Lemétayer et A. Hamedy, *C. R. Soc. de Biol.*, **106**, 1931, p. 228.

produits de désintégration ou de substances toxiques éliminées par le rein, et que ces principes peuvent être doués d'une influence élective sur certains organes. Nous avons eu l'idée d'éprouver sur la glande surrénale leur action éventuelle en raison de la sensibilité connue de cette glande à divers agents d'intoxication exogène ou endogène.

Nos recherches, qui comptent actuellement plusieurs centaines d'expériences, ont comporté trois étapes. Au cours de la première, nous avons injecté à des animaux de l'urine fraîche de malades atteints de cancer. Nos essais chez le Cobaye, après avoir donné quelques indications intéressantes, ne sont pas restés fructueux, à cause de la sensibilité extrême de la surrénale chez cette espèce aux infections et intoxications de toute nature. Nous avons dû, pour d'autres raisons, éliminer le Rat et la Souris. En revanche, le Lapin, de 1500^{gr} environ, nous a paru approprié aux observations, à cause de sa résistance aux injections, de la richesse en lipides et de la constance relative de structure de sa cortico-surrénale, même chez des animaux malades ou traités par diverses substances mal tolérées.

Nous avons constaté que l'injection d'urine de cancéreux à des Lapins détermine souvent une excrétion massive des lipides de la cortico-surrénale, notamment des spongiocytes des zones spongieuse et fasciculée, alors que l'urine de sujets normaux ou de malades non cancéreux reste sans effet [1]. Malheureusement, il est difficile d'injecter à des Lapins plus de 50 à 60^{cm^3} d'urine fraîche. Dans ces conditions, le pourcentage des réponses nettement positives de la surrénale en cas de cancer reste faible (environ 25 pour 100). C'est pourquoi, dans une seconde étape, nous avons cherché à concentrer le principe responsable de la réaction. Nous avons constaté qu'il est présent dans le précipité obtenu par adjonction à l'urine de trois à quatre fois son volume d'acétone. Le précipité est redissous dans une faible quantité de sérum physiologique et l'on injecte au Lapin le filtrat de cette solution stérilisé par une addition de tricrésol. C'est un liquide limpide, très bien toléré par les animaux. En leur administrant la solution aqueuse du précipité correspondant à 200^{cm^3} d'urine, nous avons obtenu la réaction caractéristique de la surrénale, sous une forme très accusée, dans 50 pour 100 environ des cas de cancer, alors que l'urine de sujets normaux ou de malades non cancéreux, en même quantité, donne une réaction nulle.

---

(1) Pour l'appréciation de cette réaction, l'emploi d'une méthode de coloration banale (glychémalun, érythrosine) s'est révélé préférable à celui des techniques spéciales de détection des lipides.

Dans une troisième étape, nous avons tenté d'améliorer la statistique des réponses positives en injectant à des lapins, en plusieurs jours, la solution de précipité correspondant à un volume de 400 à 750$^{cm^3}$ d'urine. Jusqu'ici, la plupart des cas de cancer, même au début de leur évolution, examinés de la sorte, ont provoqué une vive réaction de la cortico-surrénale, sans que leur nombre soit encore suffisant pour nous permettre de fixer définitivement le pourcentage des réponses positives. En revanche, même à un taux correspondant à 750-1000$^{cm^3}$, l'urine d'individus normaux, ou de malades atteints d'affections diverses, n'altère pas la structure de la cortico-surrénale.

Cette méthode n'est pas à l'abri de causes d'erreur. Il nous est apparu que la surrénale, relativement petite, d'animaux jeunes, se vide plus rapidement et facilement de ses lipides que la surrénale volumineuse de gros animaux. Mais, parfois, chez des animaux jeunes, d'environ 1^{kg} à 1^{kg},200, la surrénale, incomplètement développée, possède normalement une teneur assez faible en lipides, ce qui prête à des interprétations quelque peu délicates. Telle est la raison pour laquelle la réaction considérée ne saurait, dès à présent, fournir, à notre avis, qu'une forte présomption et non une certitude, en faveur du diagnostic de tumeur maligne, si une seule expérience est effectuée. En revanche, le fait d'obtenir une riposte franchement positive de la surrénale dans plusieurs expériences menées à courts intervalles avec l'urine du même malade, nous paraît de nature à augmenter considérablement la valeur de cette présomption. Ce qui nous interdit encore d'y trouver une certitude, c'est que, bien que l'examen de l'urine d'un grand nombre de malades non cancéreux soit resté négatif, nous sommes loin d'avoir épuisé tous les contrôles nécessaires et d'avoir ainsi le droit d'affirmer l'absolue spécificité de la réaction en cause. Nous espérons qu'à cet égard des précisions seront apportées dans un avenir prochain, soit par nous, soit par d'autres auteurs que le sujet attirera, et nous estimons qu'en dehors de ce point de vue pratique, la méthode que nous proposons offre l'intérêt de mettre en évidence, dans le milieu intérieur des cancéreux, un principe dont nous essayons actuellement d'éclairer la signification.

La séance est levée à 16^{h}45^m.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MARDI 26 DÉCEMBRE 1933.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES RICHET.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie le décès de M. **Charles Porcher**, Correspondant pour la Section d'Économie rurale, survenu à Paris le 24 décembre 1933.

M. le **Président** annonce à l'Académie qu'à l'occasion des fêtes du Nouvel an la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mercredi 3 janvier au lieu du lundi 1er.

THERMODYNAMIQUE. — *Sur la théorie des phases critiques. Généralité des propriétés d'aire nulle.* Note [1] de M. E. **Jouguet**.

1. Gibbs a donné une théorie très générale des phases critiques. Divers auteurs, particularisant le problème, ont poussé fort loin l'étude de la vaporisation ou de la séparation en deux couches d'un mélange liquide. Cette particularisation a vivement éclairé la théorie qui, dans Gibbs, se présente sous une forme un peu abstraite et a permis une comparaison avec l'expérience. Mais maintenant que des exemples concrets ont été bien étudiés, il n'est peut-être pas sans intérêt de revenir à l'exposé de Gibbs pour généraliser quelques propriétés rencontrées dans l'examen de ces cas particuliers.

2. Soit un mélange des masses m_1, ..., m_n de n constituants indépen-

---

[1] Séance du 18 décembre 1933.

dants. Nous supposons que le mélange peut, suivant les circonstances, être observé sous forme d'une phase homogène (système S) ou sous forme de deux phases distinctes a et b adjacentes (système S_{II}), entre lesquelles se produisent des passages de constituants. Nous supposons aussi que les phases a et b peuvent se rapprocher dans toutes leurs propriétés jusqu'à se confondre en une phase critique. Nous ferons, avec Gibbs et ses successeurs, l'hypothèse que, même dans les circonstances où le mélange se sépare en deux phases, on peut concevoir son existence dans un certain état idéal où il n'en forme qu'une seule. A tout groupe de valeurs des masses $m_1, \ldots, m_n$ du volume v et de la température t pour lesquelles le mélange peut exister sous les formes S ou S_{II} (valeurs possibles), correspond ainsi un état, soit observable, soit idéal, de S. Désignons par $\psi(m_1, \ldots, m_n, v, t)$ et $\varepsilon(m_1, \ldots, m_n, v, \eta)$ (η entropie) le potentiel et l'énergie internes de S. Ces fonctions existent pour toutes les valeurs possibles des variables et nous admettrons qu'elles sont analytiques et uniformes.

ε est homogène et du premier degré en $m_1, \ldots, m_n, v, \eta$. Les potentiels chimiques μ_i, la pression p et la température t (tensions) sont donnés par

$$(1) \qquad \mu_i = \frac{\partial\varepsilon}{\partial m_i}, \qquad -p = \frac{\partial\varepsilon}{\partial v}, \qquad t = \frac{\partial\varepsilon}{\partial\eta}.$$

Nous désignerons par $N_1, \ldots, N_n, N_{n+1}, N_{n+2}$ les variables $m_1, \ldots, m_n$, v, η prises dans un ordre arbitraire (par exemple N_1 pourra être m_1, N_2 pourra être v, N_3 pourra être η) et nous poserons

$$(2) \qquad \nu_1 = \frac{\partial\varepsilon}{\partial N_1}, \qquad \ldots, \qquad \nu_n = \frac{\partial\varepsilon}{\partial N_n}, \qquad \nu_{n+1} = \frac{\partial\varepsilon}{\partial N_{n+1}}, \qquad \nu_{n+2} = \frac{\partial\varepsilon}{\partial N_{n+2}}.$$

Si N_i est v, ν_i est $-p$; si N_i est η, ν_i est t; si N_i est m_1, ν_i est μ_1.

Les $\partial\varepsilon/\partial N_i$ sont homogènes et de degré zéro. Ils peuvent donc être considérés comme des fonctions uniformes des $n+1$ variables (extensions)

$$(3) \qquad r_2 = \frac{N_2}{N_1}, \qquad \ldots, \qquad r_{n+2} = \frac{N_{n+2}}{N_1}.$$

Inversement, les r_i peuvent être considérés comme fonctions de $n+1$ des tensions ν_i, par exemple de $\nu_2, \ldots, \nu_{n+2}$ (S est de variance $n+1$). Mais ces fonctions ne sont pas uniformes. En effet, chacune des phases a ou b qui constituent S_{II} peut être considérée comme un état de S. Ces deux phases ont les ν_i égaux. Elles doivent d'autre part différer par une quelconque des extensions r_i. Donc, à un même groupe de valeurs des ν, correspondent deux groupes de valeurs des r.

On peut représenter comme suit (représentation R) les états de S. Une extension quelconque, r_2 par exemple, quand on laisse $\nu_4, \ldots, \nu_{n+2}$ constants est une fonction de ν_2 et de ν_3 : on a ainsi une surface dans l'espace ν_2, ν_3, r_2. Laissons encore ν_3 constant; r_2 est alors une fonction de ν_2 représentée par une courbe R_2 ($\nu_3, \ldots, \nu_{n+2}$ constants). Cette fonction n'est pas uniforme, mais ν_2 peut être ou n'être pas uniforme en r_2. Les figures 1 et 2 sont des formes possibles correspondant à ces deux cas.

3. *Théorème de l'aire nulle.* — Envisageons ceux des états de S, soient

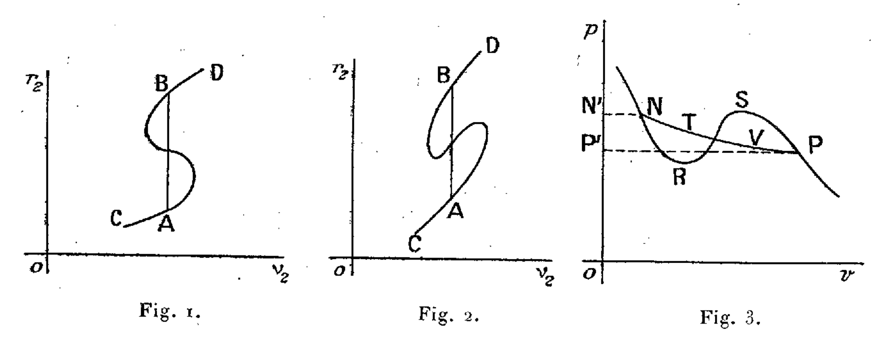


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.

a et b, qui sont susceptibles de s'associer pour former un système S_{n} de variance n. Pour ces états, si l'on se donne $\nu_3, \ldots, \nu_{n+2}$, les autres tensions ν_1 et ν_2 s'en déduisent comme suit :

Pour les phases a et b, tous les ν doivent être égaux. Par suite de l'égalité des $\nu_2, \ldots, \nu_{n+2}$, les points représentatifs A et B sont sur une même courbe R_2 et sur une parallèle à Or_2. Reste à exprimer l'égalité des ν_1. Or ν_1 s'exprime en $\nu_2, \ldots, \nu_{n+2}$ par une des équations fondamentales de Gibbs et l'on a [formule (97) de cet auteur]

$$r_2 = \left(\frac{\partial\nu_1}{\partial\nu_2}\right)_{\nu_3, \ldots, \nu_{n+2}}. \tag{4}$$

La variation de ν_1 quand on passe de A à B est donc représentée par l'aire comprise entre la courbe et la corde AB. La corde AB est donc déterminée par la condition que cette aire soit nulle.

C'est là une généralisation du théorème classique de Maxwell. On obtient ce théorème même en faisant $n = 1$, $N_1 = m_1$, $N_2 = v$, $N_3 = \eta$, car alors la courbe R_2 est une isotherme d'un corps pur dans le diagramme de Clapeyron. En faisant $n = 1$, $N_1 = m_1$, $N_2 = \eta$, $N_3 = v$, on obtient le théorème parallèle concernant les isobares d'un corps pur dans le diagramme entropique.

En faisant $n = 2$, $N_1 = m_1$, $N_2 = m_2$, $N_3 = v$, $N_4 = \eta$, on obtient un

théorème dû à Duhem, relatif à la représentation, pour un mélange de deux corps, de r_2 en fonction de μ_2 à p et t constants (¹).

4. Dans les énoncés qui précèdent. interviennent souvent les potentiels chimiques. Je rappelle que, toutes les fois que la température est maintenue constante, les potentiels chimiques peuvent être remplacés par les logarithmes des fugacités. Observons aussi que, si la température et la pression sont maintenues constantes, maintenir constant le potentiel chimique d'un constituant, c'est opérer en présence d'un précipité (solide, liquide ou gazeux) de ce constituant.

5. *Systèmes fermés.* — Considérons maintenant un système dont les masses $m_1, \ldots, m_N$ sont constantes (systèmes fermés de MM. Defay et De Donder). On peut, pour un tel système, trouver également des proriétés d'aire nulle en se référant aux équations fondamentales de Gibbs autres que celle qui a été utilisée à l'artiele 3.

Tel est, par exemple, le résultat de Saurel généralisant un théorème de Blühmcke (²). Sur le diagramme en p, v traçons une isotherme du système fermé S. En général, une partie NRSP de cette courbe correspond à des états idéaux (*fig.* 3) et de N à P on peut tracer une isotherme NTVP correspondant à des états de S_{II}. L'aire P′PSRNN′ vaut

$$\int v\,dp = \int \frac{\partial \zeta}{\partial p}\,dp = \zeta_N - \zeta_P$$

en introduisant la fonction $\zeta(m_1, \ldots, m_n, p, t)$ qui figure dans l'une des équations fondamentales de Gibbs. L'aire P′PVTN′N est de même $\zeta_{IIN} - \zeta_{IIP}$, en désignant par ζ_{II} la fonction analogue relative à S_{II}. Or ζ et ζ_{II} sont égaux en N et en P. Donc l'aire NRSPVTN est nulle.

Un raisonnement analogue conduit à un résultat identique pour les isobares d'un système fermé dans le diagramme entropique. La considération de la fonction $\varepsilon(v, \eta)$ donne de même un résultat identique pour les adiabatiques d'un tel système dans le diagramme en p, v et pour les lignes d'égal volume dans le diagramme entropique (³).

6. *Systèmes partiellement fermés.* — Soit un système où tous les m sont donnés sauf m_2. On obtient encore, par la considération des fonctions ζ, ε,

(¹) En réalité, Duhem a énoncé un théorème pour la représentation de r_2 en fonction de μ_1. Mais c'est par suite d'une erreur facile à corriger.

(²) Voir Duhem, *Traité de Mécanique chimique*, t. 4, p. 178.

(³) La considération des fonctions $\psi(v, t)$ et $\chi(p, \eta)$ de Gibbs n'ajoute rien dans cet ordre d'idées.

ψ et χ de Gibbs, des propriétés d'aire nulle pour la représentation de m_2/m_1 en fonction de μ_2 à p et t constants, ou à v et η constants, ou à v et t constants, ou à p et η constants.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Vaccination contre les typhus exanthématiques par voie digestive chez le singe.* Note [1] de MM. **Charles Nicolle, Jean Laigret** et Mme **Hélène Sparrow.**

Il a été demontré [2] que les virus des fièvres exanthématiques, contenus dans les organes (cerveaux) des cobayes infectés, peuvent traverser la paroi digestive des rats. Ce passage s'est montré constant avec les virus typhiques murins, inconstant avec celui du typhus historique et avec le virus de la fièvre pourprée. On sait que, chez le rat, le typhus historique ne revêt que la forme inapparente.

Il a été constaté, d'autre part, au cours des mêmes expériences, que, dans la moitié des cas, les cobayes, inoculés avec le cerveau des rats infectés. ont présenté un typhus inapparent, c'est-à-dire la forme la plus atténuée de la maladie, ce qui permet de penser que l'infection, obtenue chez le rat par voie digestive, était, dans tous les cas, atténuée elle-même.

En conséquence, il nous est venu à l'idée de chercher si, par l'emploi de la voie digestive, on ne pourrait pas obtenir, chez les animaux les plus voisins de l'homme, les singes, un typhus inapparent, donc une infection sans symptômes qui laisserait, cependant, une immunité à sa suite.

Nos expériences ont été pratiquées avec des virus murins (Mexico, Toulon, Anvers), un virus du typhus historique (Tunis) et un virus pourpré (Montana).

Virus murins : *Premier essai.* — Un singe (*M. cynomolgus*). — *Ingestion,* les 5 et 6 juillet, d'un tiers de cerveau et quelques centimètres cubes du liquide de lavage du péritoine de cobayes de passage de virus murins. — *Épreuve*, le 2 août (29e jour de la dernière ingestion), avec un dixième de cerveau (dose massive) d'un cobaye de passage du virus de Toulon : Typhus fébrile de 10 jours, après une incubation de 8 jours.

Deuxième essai. — Deux singes (*M. cynomolgus*). — *Ingestion*, les 29 et 30 juillet

(1) Séance du 18 décembre 1933.

(2) Ch. Nicolle, J. Laigret et P. Giroud, *Passage des virus des fièvres exanthématiques par voie digestive chez le rat* (*Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 225, et *Arch. Inst. Pasteur Tunis*, **22**, fasc. 3, nov. 1933, p. 326).

d'un tiers de cerveau et de quelques centimètres cubes de liquide de lavage péritonéal de cobayes de passage du virus Mexico. — *Épreuve*, le 28 août (29ᵉ jour), avec un centième, pour un singe, et un millième pour l'autre, du cerveau d'un cobaye de passage du virus Toulon : Typhus fébriles de 6 jours chez les deux singes, après des incubations de 7 jours. Réaction de Weill-Félix nulle chez l'un, positive à 25, chez l'autre, au 20ᵉ jour de l'ingestion.

Troisième essai. — Deux singes (*M. sinicus* et *M. rhesus*). — *Ingestion*, les 17, 18, 19 août, d'un tiers de cerveau de cobayes de passage du virus Mexico. — *Épreuve*, le 13 septembre, (25ᵉ jour), avec un centième et un cinq centième de cerveau d'un cobaye de passage du virus Mexico. Les quatre cobayes témoins, éprouvés, deux avec un cinq centième, ont fait des typhus fébriles classiques. Les deux singes n'ont témoigné d'aucune fièvre. Les réactions de Weil-Félix ont été, pour l'un, de 10 au départ, de 20 au 20ᵉ jour de l'ingestion et nulle après l'épreuve; pour l'autre, de 20 au départ et de 80 au 10ᵉ, 15ᵉ, 20ᵉ jour de l'ingestion, 10ᵉ et 20ᵉ de l'épreuve.

En résumé, dans trois essais, portant sur cinq singes, 3 résultats négatifs (2 essais) et 2 positifs (un essai). Donc, *vaccination de 2 singes sur* 5.

Virus typhique historique : *Premier essai.* — Deux singes (*M. rhesus*). — *Ingestion*, les 8 et 9 juillet, d'un tiers de cerveau de cobayes de passage. — *Épreuve*, le 10 août (31ᵉ jour), avec un dixième de cerveau (dose massive) du *virus murin de Toulon*. Cobayes témoins positifs. Les deux sujets sont demeurés indemnes. Réaction de Weil-Félix négative chez les deux singes au départ, positive à 50 au 21ᵉ jour de l'ingestion.

Second essai. — Un singe (*M. cyn.*). — *Ingestion*, les 24, 25 et 26 octobre d'un tiers de cerveau d'un cobaye de passage. — *Épreuve*, au 23ᵉ jour, avec un centième de cerveau d'un cobaye de passage du *virus historiqne*. Après sept jours, le singe présente un fébricule d'une durée de sept jours. La température normale qui était de 38°,5-39°,5 monte, pendant ce temps, d'un *demi-degré* en moyenne; elle n'atteint ou dépasse 40° que deux fois, le soir du 8ᵉ jour (40°,2) et celui du 13ᵉ (40°). Les cobayes témoins, inoculés avec un centième et un millième du même cerveau que le singe, ont présenté des typhus fébriles classiques. Réaction de Weil-Félix, chez le singe, négative au départ, positive à 20 au 20ᵉ jour de l'ingestion et à 640 le 10ᵉ jour de l'épreuve.

En résumé, dans deux essais, portant sur trois singes, deux résultats négatifs (épreuve avec le virus murin de Toulon), un typhus très atténué (épreuve avec le virus historique). Donc, *vaccination complète de deux singes, incomplète du troisième, sur un total de trois singes.*

Virus de la fièvre pourprée : *Premier essai.* — Un singe (*M. cyn.*). *Ingestion* de 2$^{cm^3}$ de sang de cobayes de passage, les 7 et 8 juillet. Weil-Félix négatif au départ et ensuite. — *Épreuve*, le 6 août (28ᵉ jour), avec 1$^{cm^3}$ de sang. Le singe a présenté cinq jours de fièvre après une incubation de 3 jours; il est mort le 12ᵉ jour en hypothermie.

Second essai. — Deux singes (*M. cyn.* et *M. sin.*). *Ingestion* de 1^{cm^3} de sang de cobayes de passage, les 17 et 18 octobre. Weil-Félix au départ négatif pour un singe, positif à 10 pour l'autre; au 30e jour de l'ingestion, positif à 20 pour le premier, 80 pour l'autre. — *Épreuve* le 7 nov. (30e jour); les deux singes présentent, l'un 3 jours, l'autre 4 jours de fièvre après des incubations de 5 à 4 jours; ils meurent dans l'hypothermie les 11e et 10e jours.

En résumé, dans deux essais portant sur trois singes, *les trois fois*, *résultat négatif*.

Résumé général. — *Virus typhiques.* — L'ingestion de cerveaux de cobayes, infectés de virus murins, répétée deux ou trois fois, a vacciné deux singes sur cinq contre ces mêmes virus. L'emploi, fait de même manière, du virus typhique historique de Tunis, a vacciné deux singes sur deux contre le virus murin de Toulon. Le seul singe, éprouvé par le virus de Tunis après ingestion préalable de ce même virus, a présenté une réaction fébrile des plus minimes. La réaction de Weil-Félix ne fournit, dans ces expériences, aucun renseignement net sur les effets de l'ingestion des virus.

Virus pourpré. — Aucune immunité contre ce virus à la suite de son ingestion (sang) par les trois singes utilisés.

Conclusions (pour les seules expériences ayant trait aux virus typhiques). — *L'ingestion de cerveaux virulents de cobayes vaccine dans la moitié des cas* (4 sur 8) *complètement les petits singes* contre l'épreuve, virulente pour les cobayes témoins. Sur quatre animaux non vaccinés, un n'a présenté qu'un fébricule insignifiant à la suite de l'épreuve.

Il y a, dans ces résultats, une indication à poursuivre. Nous nous sommes assurés, d'autre part, dans deux essais, de l'*innocuité de l'ingestion par l'homme* de cerveaux virulents de cobayes (deux sujets, virus murin (pas de W.-F. positif à la suite).

ÉPIDÉMIOLOGIE. — « *Maisons à paludisme* » et « *instinct de retour à la pâture* » *chez les moustiques*. Note (1) de MM. **Edmond Sergent, Étienne Sergent** et **A. Catanei**.

On connaît, dans beaucoup de localités fiévreuses, des maisons où des cas de contamination palustre se succèdent chaque année, tandis que les habitants des maisons voisines sont épargnés par l'épidémie. On peut se

(1) Séance du 18 décembre 1933.

demander si le renouvellement constant de l'infection dans ces « maisons à paludisme » n'est pas dû à un instinct des moustiques qui les ramènerait, pour leur second repas sanguin, au lieu même du premier. Si les moustiques infectés par une première piqûre sur un porteur de germes ont une tendance à revenir, pour leur deuxième piqûre, dans le voisinage de ce porteur de germes, on comprend que ses cohabitants courent un danger particulièrement grand de contamination.

Cette hypothèse de l'existence d'un « instinct de retour à la pâture » chez les moustiques a été soumise à l'épreuve expérimentale. Le matériel employé a été le *Plasmodium relictum* du passereau, des canaris, reconnus indemmes par leur réaction à l'isodiagnostic, et des *Culex pipiens* d'élevage.

Un tonneau à demi rempli d'eau et recouvert d'un grillage sert de gîte pour l'élevage de larves de Culex. De la partie supérieure de ce tonneau partent, en sens diamétralement opposé, deux manchons de plusieurs mètres de longueur qui aboutissent chacun à une maisonnette grillagée et vitrée, renfermant deux canaris.

Les Culex nés du gîte ont le choix entre les habitants des deux maisonnettes pour leurs repas sanguins. Il s'agit de savoir si, après avoir piqué une première fois dans l'une des maisonnettes et être revenus au gîte pour pondre, ils retourneront, pour la deuxième piqûre, dans la même maisonnette, ou bien s'ils iront dans l'autre.

Pour obtenir cette réponse, on met dans l'une des cages, que nous appellerons la « maisonnette à virus », un canari porteur de *Plasmodium* et un canari sain, tandis que dans l'autre maisonnette, dite « sans virus », les deux canaris sont sains. Si les Culex nourris une première fois dans la maisonnette à virus y retournent tous pour la deuxième piqûre, le canari sain qui y vit à côté du porteur de germes sera sûrement infecté, tôt ou tard, tandis que les deux canaris de la maisonnette opposée resteront indemnes. Mais si des Culex nourris une première fois dans la maisonnette à virus vont, pour la deuxième piqûre, dans l'autre maisonnette, on verra également s'infecter les habitants de celle-ci.

Pour neutraliser l'influence de tout autre instinct ou tropisme, chaque expérience est doublée d'une autre semblable, mais dont le dispositif est installé en sens inverse, la maisonnette à virus de l'une étant du même côté que la maisonnette sans virus de l'autre.

On constate d'abord que les Culex adultes suivent nombreux les deux tunnels; on en trouve chaque matin dans l'une et l'autre maisonnette, et parmi eux beaucoup de femelles gorgées. On voit ensuite que ces femelles

retournent au gîte pour y pondre, car chaque matin on note la présence de plusieurs nacelles d'œufs sur l'eau du baquet central. Enfin, une réponse nette est donnée à la question posée : les Culex ne retournent pas toujours pour leur deuxième repas sanguin au lieu de leur première piqûre, car si l'on relève 17 cas de contamination dans la maisonnette à virus, on compte 19 canaris infectés dans la maisonnette sans virus.

En résumé, d'après nos expériences, les Culex sont dépourvus d'un instinct de « retour à la pâture ». Il faut chercher d'autres explications aux « maisons à paludisme ».

M. **Charles Richet**, en présentant son livre, *Souvenirs d'un physiologiste* (Peyronnet, in-12, Paris, 1933), indique qu'il a voulu, dans cette rapide autobiographie, non pas entrer dans le détail des faits nouveaux qu'il a établis, mais montrer leur genèse (polypnée thermique, stabilité des caractères acquis, zomothérapie, sérothérapie, période réfractaire du système nerveux, anaphylaxie).

Il explique, en toute humilité, que le hasard a joué un grand rôle; mais que le hasard n'est rien s'il n'y a persévérance, et presque obstination, dans la recherche.

M. **E. Mathias** fait hommage à l'Académie de deux brochures : *La Gamme : Gamme de Pythagore — Gamme d'Aristoxène — Gamme tempérée* et *Nouvelles Recherches sur la Matière Fulminante*.

NOMINATIONS.

M. **Ch. Richet** est désigné pour remplacer M. *P. Painlevé* décédé dans la *Commission Française de Coopération Intellectuelle*.

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de l'Éducation nationale** invite l'Académie à désigner un Membre du *Conseil supérieur de la Recherche scientifique* en remplacement de M. *P. Painlevé* décédé.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Jean Mercier. *Les circuits oscillants. Introduction à l'étude de la Radiotechnique.*

2° Jacques Bandaline. *La lutte internationale contre le cancer.* (Présenté par M. Ch. Richet.)

3° *The « Simplex » Navigation and Avigation Tables*, by J. Carlos Pinto. (Présenté par M. P. Helbronner.)

4° L. Potin. *Calcul des tarifs des Assurances de « Risques divers » et quelques autres questions de technique (Réassurance, réserves, bénéfice).* (Présenté par M. M. d'Ocagne.)

5° Wladislas Kopaczewski. *Perméabilité cellulaire et problème du cancer.* (Présenté par M. d'Arsonval.)

Le **Général commandant l'École Polytechnique** adresse des remercîments pour la subvention accordée sur la *Fondation Loutreuil.*

CALCUL FONCTIONNEL. — *Sur l'extension du théorème de Bolzano-Weierstrass à certains ensembles fonctionnels.* Note [1] de M. **Chadenson**, présentée par M. Hadamard.

Le théorème de Bolzano-Weierstrass énonce que tout ensemble borné de points, extrait d'un espace ayant la puissance du continu, et contenant une infinité dénombrable d'éléments, admet au point un point d'accumulation.

On sait l'importance de ce théorème pour la démonstration de l'existence du maximum d'une fonction continue bornée dans un intervalle. Il serait essentiel d'avoir pour les ensembles fonctionnels un théorème jouant le même rôle. La notion d'ensemble compact mise en avant par M. Fréchet (*Rend. Circ. Mat. Palermo*, 30, 1910, p. 15) ne résout pas entièrement la question, les ensembles rencontrés dans le calcul fonctionnel n'étant pas en général compacts.

La présente Note propose une extension du théorème de Bolzano-Weierstrass valable pour des ensembles fonctionnels usuels.

Cette extension a pour base la remarque suivante.

L'ensemble de tous les nombres naturels a la puissance dénombrable,

(1) Séance du 18 décembre 1933.

inférieure à la puissance de l'ensemble de tous les nombres réels, puissance du continu, inférieure elle-même à la puissance de l'ensemble de toutes les fonctions (continues ou discontinues) d'une variable réelle, dite puissance fonctionnelle.

Si l'on remarque que l'ensemble des fonctions continues a seulement la puissance du continu, on comprend que le théorème de Bolzano-Weierstrass ait pu être étendu à de tels ensembles ou à ses sous-ensembles (fonctions également continues d'Arzela; fonctions absolument continues), mais soit inutilisable pour des ensembles dérivés d'un espace ayant une puissance supérieure à celle du continu.

L'ensemble des fonctions de carrés sommables a la puissance fonctionnelle. Nous étendrons alors le théorème de Bolzano-Weierstrass de la manière suivante :

Tout ensemble fonctionnel de carré sommable limité ayant la puissance du continu admet au moins un point d'accumulation.

La démonstration se conduit de la manière suivante. On considère d'abord l'ensemble des fonctions de carrés sommables de mesure 1 (surface de la sphère de rayon 1 dans l'espace Ω); cette section en tant qu'ensemble a toujours la puissance fonctionnelle.

On définit sur cette sphère un système orthogonal complet, c'est-à-dire un ensemble infini dénombrable de fonctions qui permet la représentation en série de Fourier de toutes les fonctions de la surface.

Pour une telle fonction $f(x)$, on peut toujours trouver, à partir de la suite des coefficients de Fourier et à l'aide des théorèmes sur les approximations diophantiques de Kronecker, une suite finie de nombres rationnels, telle que la fonction de carrés sommables ayant les racines carrées de ces nombres comme coefficients de Fourier soit à une distance de $f(x)$ inférieure à un nombre ρ donné.

On peut donc, dans l'ensemble fonctionnel, définir un sous-ensemble qui comprenne toutes les fonctions de l'ensemble dans son voisinage ρ. Ce sous-ensemble a la puissance de l'ensemble de toutes les suites finies de nombres rationnels, l'ordre étant mis en compte, soit la puissance dénombrable (Sierpinski, *Leçons sur les nombres transfinis*, p. 59). On peut alors couvrir, en s'aidant de la notation des nombres transfinis, la surface de la sphère de rayon 1 prise comme unité par une infinité dénombrable de voisinage de dimension ρ.

Si l'on a maintenant, sur la sphère, un ensemble fonctionnel ayant la puissance du continu, par un procédé de démonstration *ab absurdo* qui

est le parallèle de celui du théorème de Bolzano-Weierstrass, on montre que la non-existence d'un point d'accumulation conduirait à ne pas pouvoir couvrir la surface avec une infinité de voisinages ρ ayant la puissance du continu.

De l'étude de la contradiction entre les deux manières de couvrir l'ensemble, on déduit l'existence d'au moins un point d'accumulation.

Du cas de la sphère, on passe aisément à celui de l'espace tout entier.

Le théorème peut s'étendre à des espaces fonctionnels tels que celui où chaque point est n fonctions de carrés sommables, utilisé en dynamique.

On peut définir aussi, sous certaines conditions, des suites convergentes d'ensemble permettant d'atteindre l'existence du maximum d'un grand nombre de fonctionnelles bornées continues et de certaines fonctionnelles semi-continues.

Ces suites convergentes d'ensemble se rencontrent notamment dans la méthode de Ritz.

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *L'hypothèse du continu et la propriété de Baire.* Note [1] de M. **W. Sierpinski**, présentée par M. Émile Borel.

Si l'on admet que la puissance du continu est *aleh-un*, on a les théorèmes suivants :

I. *Il existe un ensemble* G *situé sur l'axe d'ordonnées qui remplit la condition de Baire* [2] *et tel que l'ensemble plan de toutes les parallèles à l'axe d'abscisses qui passent par les points de* G *ne remplit pas la condition de Baire.*

II. *Il existe une fonction d'une variable réelle* $f(x)$ *qui jouit de la propriété de Baire* [3] *et dont l'image géométrique est un ensemble plan qui ne remplit pas la condition de Baire.*

III. *Il existe une fonction* $\varphi(x)$ *jouissant de la propriété de Baire et une*

---

[1] Séance du 18 décembre 1933.

[2] On dit qu'un ensemble E (situé dans un espace métrique) *remplit la condition de Baire*, lorsqu'il existe pour tout ensemble parfait P une sphère S contenant à son intérieur des points de P et telle qu'au moins un des ensembles SPE et SP — E est de première catégorie de Baire par rapport à P.

[3] On dit qu'une fonction d'une variable réelle $f(x)$ *jouit de la propriété de Baire*, si elle est continue sur tout ensemble parfait P quand on néglige un ensemble de première catégorie par rapport à P.

fonction continue $\psi(x)$, *telles que la fonction* $\varphi[\psi(x)]$ *ne jouit pas de la propriété de Baire.*

IV. *Chaque ensemble linéaire est une image continue et biunivoque d'un ensemble linéaire qui remplit la condition de Baire.*

Les démonstrations des théorèmes I, II et III sont basées sur la proposition suivantes de M, N. Lusin. Si la puissance du continu est aleph-un, il existe un ensemble non dénombrable L de nombres irrationnels de l'intervalle (o, 1) qui est au plus dénombrable sur tout ensemble linéaire non dense, et il existe une fonction $g(x)$ définie et continue sur l'ensemble N de tous les nombres irrationnels de l'intervalle (o, 1), à valeurs distinctes sur N et qui transforme L en un ensemble $G = g(L)$ contenu dans N qui est de première catégorie sur tout ensemble parfait [1].

L'ensemble G (situé sur l'axe d'ordonnées) satisfait aux conditions du théorème I. En effet, désignons par Γ l'ensemble de tous les points (x, y) du plan, tels que $x \in N$ et $y = g(x)$: la fonction $g(x)$ étant continue sur N, l'ensemble Γ est un $G\delta$. Soit S l'ensemble-somme de toutes les droites parallèles à l'axe d'abscisses qui passent par les points de G. Si l'ensemble S remplit la condition de Baire, il en est de même du produit $S.\Gamma$. Or, [la fonction $g(x)$ étant continue sur N et à valeurs distinctes sur N] l'ensemble $S.\Gamma$ est homéomorphe à L. D'autre part, comme je l'ai démontré [2], tout ensemble homéomorphe à un ensemble qui remplit la condition de Baire remplit cette condition, et l'ensemble L ne remplit pas la condition de Baire. L'ensemble S ne peut donc pas remplir la condition de Baire.

Pour avoir la fonction $f(x)$ qui satisfait aux conditions du théorème II, il suffit de désigner, pour $x \in G$, par $f(x)$ le nombre (unique) y, tel que $x = g(y)$ et de poser $f(x) = -1$ pour x non $\in G$.

Pour démontrer le théorème III; on prouve (en utilisant la courbe de Peans) qu'il existe un ensemble linéaire E homéomorphe à L et une fonction continue $\psi(x)$ d'une variable réelle, à valeurs distinctes sur E et telle que $\psi(E) = G$.

Le théorème IV résulte tout de suite d'une proposition trouvée récemment par M. C. Kuratowski [3].

Les démonstrations détaillées de nos théorèmes paraîtront dans un autre recueil.

---

(1) *Comptes rendus*, **158**, 1914, p. 1259, et *Fundamenta Mathematicae*, **21**, 1933, p. 119-122.

(2) *Fundamenta Mathematicae*, **4**, 1921, p. 319.

(3) *Fundamenta Mathematicae*, **21**, 1933, p. 128 (théorème III).

CALCUL DES VARIATIONS. — *Sur certaines formes différentielles extérieures et la variation des intégrales doubles.* Note [1] de M. **Th. H. J. Lepage**, présentée par M. Élie Cartan.

1. A toute forme quadratique extérieure

$$\Omega = A\,dp\,dy + B\,dx\,dp + B\,dq\,dy + C\,dx\,dq + D\,dx\,dy + E\,dp\,dq,$$

A, B, C, D, E désignant des fonctions dérivables des x, y, z, p, q, on peut adjoindre une forme quadratique Ω_1, covariante de Ω relativement à toute transformation de contact effectuée sur les x, y, z, p, q, et telle que l'on ait

$$\Omega'_1 \equiv 0 \qquad (\text{mod } dz - p\,dx - q\,dy).$$

Explicitement on a

$$\Omega_1 = \Omega + \omega(dz - p\,dx - q\,dy),$$

avec

$$\omega = H\,dx + I\,dy + J\,dp + K\,dq,$$

$$H = X(B) + Y(C) - D_q, \qquad I = -X(A) - Y(B) + D_p,$$

$$J = Y(E) + B_p - A_q, \qquad K = -X(E) - B_q + C_p,$$

et où l'on a posé

$$X(\ ) = \frac{\partial}{\partial x} + p\frac{\partial}{\partial z}, \qquad Y = \frac{\partial}{\partial y} + q\frac{\partial}{\partial z}, \qquad D_q = \frac{\partial D}{\partial q}, \qquad \ldots.$$

On a d'autre part

$$\Omega'_1 = [\Omega_2(dz - p\,dx - q\,dy)],$$

$$\begin{aligned}\Omega_2 = &\{D_z + X(I) - Y(H)\}\,dx\,dy + \{B_z + X(J) - H_p\}\,dx\,dp \\ &+ \{C_z + X(K) - H_q\}\,dx\,dq + \{I_p - Y(I) + A_z\}\,dp\,dy \\ &+ \{B_z + I_q - Y(K)\}\,dq\,dy + \{E_z + K_p - J_q\}\,dp\,dq.\end{aligned}$$

On observera que la forme Ω est identique à la forme covariante Ω_1 quand le produit extérieur $\Omega(dz - p\,dx - q\,dy)$ est une forme dérivée exacte.

2. En éliminant dp, dq, moyennant les relations

$$dp - r\,dx - s\,dy = dq - s\,dx - t\,dy = 0,$$

les deux formes Ω et Ω_2 se réduisent respectivement à deux expressions

[1] Séance du 18 décembre 1933.

$f\,dx\,dy$, $\mathcal{F}\,dx\,dy$, où l'on a posé

$$f = Ar + 2Bs + Ct + E(rt - s^2) + D,$$
$$\mathcal{F} = \{A_z + I_p - Y(I)\}r + \{B_z + X(J) - H_p\}s + \{B_z + I_q - Y(K)\}s + \{C_z + X(K) - H_q\}t + \{D_z + X(I) - Y(H)\} + \{E_z + K_p - J_q\}(rt - s^2).$$

On vérifie, d'autre part, par un calcul direct que l'on a

$$\mathcal{F} = f_z - \frac{d}{dx}f_p - \frac{d}{dy}f_q + \frac{d^2}{dx^2}f_r + 2\frac{d^2}{dx\,dy}f_s + \frac{d^2}{dy^2}f_t.$$

Il en résulte que les solutions de l'équation de Monge-Ampère, $\mathcal{F} = 0$, sont les extrémales de l'intégrale double $\iint f\,dx\,dy$.

Les équations du second ordre provenant d'un problème de variation d'une intégrale double se trouvent ainsi caractérisées par la propriété d'admettre une forme cubique dérivée extérieure exacte $\Omega_2(dz - p\,dx - q\,dy)$, covariante vis-à-vis du groupe des transformations de contact de l'espace.

3. L'emploi de la forme Ω_1 permet d'étendre la notion de champ et de construire la fonction-excès $\mathcal{E}$ de Weierstrass pour l'intégrale double.

Supposons $\Omega'_1 \neq 0$ et associons à chaque point d'une région $\mathcal{R}$ de l'espace un élément du second ordre $(\bar{p}, \bar{q}, \bar{r}, \bar{s}, \bar{t})$, $(d\bar{p} = \bar{r}\,dx + \bar{s}\,dy)$, $(d\bar{q} = \bar{s}\,dx + \bar{t}\,dy)$. Désignons par $\overline{\Omega}_1$ ce que devient Ω_1 après y avoir remplacé p, q, r, s, t par leurs valeurs $\bar{p}, \bar{q}, \bar{r}, \bar{s}, \bar{t}$ en fonction des x, y, z. Si la forme $\overline{\Omega}_1$ est dérivée exacte

$$\overline{\Omega}_1 = [dF\,d\Phi],$$

nous dirons que la famille de courbes $F(x, y, z) = u$, $\Phi = v$, définit un champ dans la région $\mathcal{R}$. On a d'ailleurs identiquement

$$[dF\,d\Phi] = \left\{\frac{\partial(F\Phi)}{\partial(xy)} + \bar{p}\frac{\partial(F\Phi)}{\partial(yz)} + \bar{q}\frac{\partial(F\Phi)}{\partial(xz)}\right\}[dx\,dy] + \left[\left\{\frac{\partial(F\Phi)}{\partial(xz)}dx - \frac{\partial(F\Phi)}{\partial(yz)}dy\right\}(dz - \bar{p}\,dx - \bar{q}\,dy)\right];$$

on en déduit les équations d'un champ

$$\bar{f} = \frac{\partial(F\Phi)}{\partial(xy)} + \bar{p}\frac{\partial(F\Phi)}{\partial(yz)} + \bar{q}\frac{\partial(F\Phi)}{\partial(xz)}, \qquad \overline{H} + \overline{J}r + \overline{K}s = \frac{\partial(F\Phi)}{\partial(xz)},$$
$$\overline{I} + \overline{I}s + \overline{K}t = \frac{\partial(F\Phi)}{\partial(zy)}.$$

Toute surface $S[z = z(x, y)]$ intégrale de ce système est nécessairement

une extrémale de l'intégrale double et la fonction $\mathcal{E}$ de Weierstrass, relative au champ, est

$$\mathcal{E} = f - \bar{f} - \begin{vmatrix} \overline{H + Jr + Ks} & \overline{I + Js + Kt} \\ p - \bar{p} & q - \bar{q} \end{vmatrix},$$

p, q, r, s, t désignant les éléments de contact de la surface variée, $\bar{p}, \bar{q}, \bar{r}, \bar{s}, t$ les éléments correspondants du champ.

Si par chaque point de la surface extrémale S passe une et une seule courbe de la famille $F = u$, $\Phi = v$, on aura

$$\int\int_S \overline{\Omega_1} = \int\int_S f\,dx\,dy = \int\int_D du\,dv = \text{aire (D)},$$

D désignant la région du plan des u, v, image de la portion de surface S.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Sur les étincelles électriques d'allumage dans un moteur à explosion.* Note [1] de M. **Tchang Te-Lou**, transmise par M. J.-L. Breton.

Le phénomène bien connu de la décharge électrique par étincelles a fait l'objet de nombreux travaux. Mais l'examen des étincelles d'allumage dans un moteur ne semble pas avoir été fait d'une façon précise et complète. J'ai l'intention d'apporter ici quelques observations à ce sujet.

Les conditions dans lesquelles on produit les étincelles d'allumage sont très complexes. L'observation directe de ces étincelles dans le moteur pendant la combustion est presque impossible. Dans ces conditions, j'ai été amené à suivre le phénomène en utilisant un tube à néon relié électriquement en dérivation avec le secondaire de la magnéto et monté sur le volant du moteur. L'illumination du tube à néon indique une décharge et la position du tube au moment de l'illumination marque la position correspondante de la manivelle.

On constate que, pour chaque rupture du primaire de la magnéto, le tube à néon s'illumine d'une façon intermittente pendant un millième de seconde environ. Le nombre d'illuminations est de plusieurs dizaines. La durée et l'aspect du phénomène dépendent essentiellement de la bougie, de la magnéto et du régime du moteur.

---

[1] Séance du 18 décembre 1933.

Si chaque illumination correspondait à une étincelle dans la bougie on serait autorisé à affirmer que l'allumage du mélange tonnant ne se fait pas par une seule étincelle mais par un train d'étincelles successives. Il y a donc lieu d'étudier la liaison entre les illuminations du tube à néon et les étincelles réellement produites dans le moteur puis de rechercher éventuellement l'origine et l'effet de ce train d'étincelles.

Pour comparer le fonctionnement du tube à néon avec les étincelles à la bougie, j'ai réalisé un dispositif à miroir tournant dont l'arbre est en liaison directe avec celui de la magnéto et qui comprend un volant portant le tube à néon. La bougie est montée sur une bombe spéciale dans laquelle il

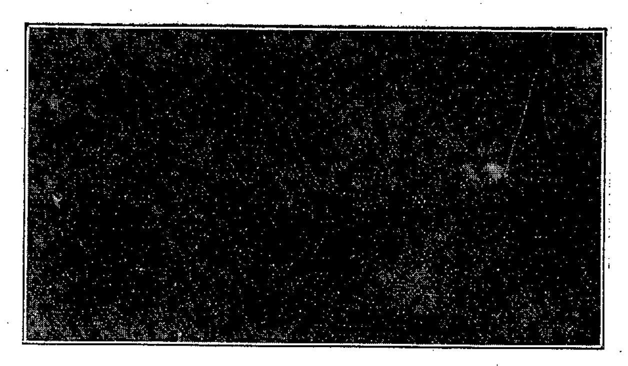


Fig. 1. — Photographie d'une étincelle en air calme. Vitesse de rotation de la magnéto 1500 t/m. Pression dans l'enceinte, 1 atmosphère.

est possible de réaliser des conditions de pression et de turbulence comparables à celles de la chambre de compression du moteur. Le miroir tournant, placé devant une fenêtre en quartz aménagée sur la bombe pour permettre l'observation directe des étincelles, décompose l'image de celles-ci.

On a pu constater, dans des conditions que je vais préciser, qu'à chaque illumination forte du tube à néon correspond effectivement une étincelle à la bougie.

En effet, si l'air dans la bombe est au repos, la décharge à la bougie est formée (suivant la pression de l'air) d'une ou deux étincelles fortes prolongées par une lueur à peine visible et terminées parfois par une autre étincelle forte (*fig.* 1). L'aspect du phénomène du tube à néon est le même.

Si pour imiter l'action de la turbulence dans le moteur, on dirige un courant d'air sur les électrodes de la bougie, les étincelles fortes subsistent, mais il apparaît dans la région de la lueur des étincelles éclairantes que nous appellerons *étincelles satellites*. Quand la vitesse de l'air est suffi-

samment forte, la zone de la lueur violette est complètement remplacée par des étincelles satellites successives nettement séparées (*fig.* 2).

Dans les expériences relatées plus haut, il se produit donc bien dans la chambre de compression un train d'étincelles lorsqu'on voit au tube à néon un train d'illuminations fortes.

Ce phénomène est analogue au phénomène étudié par M. Abraham [1] en déchargeant un condensateur rechargé sans interruption par un transformateur. Cet expérimentateur a montré que cette décharge, qui normalement a l'aspect d'une flamme continue peut être transformée par soufflage d'air en une série de décharges disruptives nettement séparées l'une de l'autre.

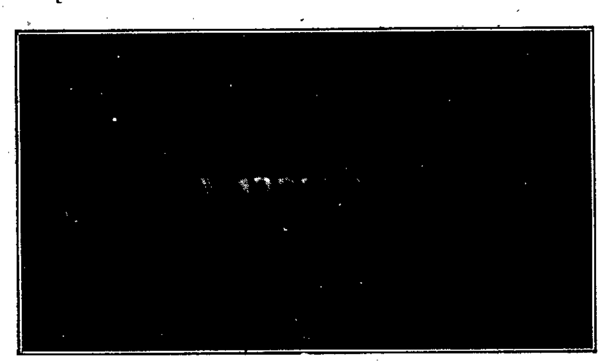


Fig. 2. — Photographie d'une étincelle soufflée par un courant d'air. Mêmes conditions que dans la figure 1.

On peut se demander quelle est l'influence de la vitesse de soufflage et de la vitesse de rotation de la magnéto sur la durée des étincelles satellites. J'ai trouvé que, dans la limite de pression de soufflage et de vitesse de la magnéto de mes expériences, cette durée est sensiblement indépendante de ces facteurs. Mais elle diminue quand la pression statique de l'air dans l'enceinte ou la distance des électrodes augmente. Elle est donc fonction du potentiel explosif.

Avec des soufflages très intenses, on obtient des étincelles de plus en plus brillantes mais on n'est pas parvenu à leur disparition.

On peut donc conclure que :

1° La turbulence dans le moteur rend les étincelles multiples et par suite on ne doit pas considérer qu'une seule étincelle intervient généralement dans l'allumage.

---

(1) *Comptes rendus*, **128**, 1899, p. 991.

2° Il n'y a pas à craindre que la turbulence supprime les étincelles.

Il nous reste à élucider l'action des étincelles satellites sur l'allumage. A cette fin, j'ai construit un dispositif spécial, qui permet de supprimer une partie des étincelles satellites. J'ai constaté qu'avec un train réduit de ces étincelles les diagrammes d'indicateur présentent, d'un cycle à l'autre, une instabilité dans la zone de combustion avec une légère diminution de la puissance du moteur.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur l'existence d'orbites osculatrices restant elliptiques dans le problème des deux corps à masse décroissante.* Note (¹) de M. **Émile Merlin**, présentée par M. Ernest Esclangon.

L'observation nous apprend que l'orbite des étoiles doubles, tant visuelles que spectroscopiques ou photométriques, conserve le caractère elliptique à travers des révolutions souvent nombreuses et que ces orbites ne sont jamais presque paraboliques. L'excentricité n'atteint la valeur 0,9 que dans des cas extrêmement rares. D'autre part, l'idée d'une masse décroissante devient de plus en plus familière aux astronomes. Ainsi se pose le problème de savoir si l'hypothèse d'une masse décroissante est compatible avec celle de la persistance du caractère elliptique de l'orbite osculatrice. Nous allons le résoudre par l'affirmative.

Adoptons les notations utilisées dans une Note antérieure (²). L'axe polaire sera la position initiale de la ligne des apsides. Pour variable indépendante, v, choisissons l'anomalie vraie instantanée, supposée toujours croissante, augmentée d'autant de fois 2π que l'astre attiré est passé de fois à un périastre depuis l'instant initial, pour lequel $v = 0$. Admettons que la longitude du périastre, ω, et ses dérivées première, ω', et seconde, ω'', soient continues.

Des équations (4) et (5) de la Note citée, on déduit

$$\frac{d\log m}{dv} = -\frac{e\omega'}{\sin v}, \tag{1}$$

$$\frac{d\frac{1}{e}}{dv} + \frac{\omega' \cot v}{e} + \frac{\omega'}{\sin v} = 0. \tag{2}$$

(¹) Séance du 18 décembre 1933.

(²) *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1718.

La masse étant décroissante, ω' doit être $\geqq 0$ pour $\sin v > 0$; $\leqq 0$ pour $\sin v < 0$ et $= 0$ pour $\sin v = 0$.

L'excentricité devant rester inférieure à l'unité, il faut que l'intégrale de l'équation linéaire (2) qui se réduit à $1/e_0 > 1$ pour $v = 0$ reste supérieure à l'unité pour $v > 0$. Pour répondre à cette condition, il suffit que l'intégrale positive

$$(3) \qquad I = \int_0^v \frac{\omega' \, dv}{\sin v}$$

soit, pour $v > 0$, inférieure à un nombre x, que l'on prendra égal, soit à la racine x_1 de l'équation

$$(4) \qquad 1 - x - e_0 E^x = 0,$$

soit à la racine x_2 de l'équation

$$(5) \qquad 1 - e_0 x E^{2x} - e_0 E^x = 0,$$

E désignant la base des logarithmes népériens. Pour e_0, compris entre 0 et 1, les équations (4) et (5) ont une racine commune si

$$e_0 = e'_0 = 0,09159\ldots.$$

Si e_0 est inférieure à e'_0, il est plus avantageux de faire $x = x_2$; si e_0 est supérieure à e'_0, il est plus avantageux de faire $x = x_1$ qui, dans ce dernier cas, ne diffère pourtant pas beaucoup de x_2.

Désignons par N_{p+1} la borne supérieure de $|\omega''|$ dans l'intervalle fermé $[2p\pi, 2(p+1)\pi]$. Si v appartient à l'intervalle $[2p\pi, (2p+1/4)\pi]$, on a, η_1 et η_2 étant compris entre 0 et 1,

$$\frac{\omega'}{\sin v} = \frac{\omega''[2p\pi + \eta_1(v - 2p\pi)]}{\cos[2p\pi + \eta_2(v - 2p\pi)]} < \sqrt{2} N_{p+1}.$$

La même inégalité est satisfaite si v appartient à l'un des intervalles

$$\left[\left(2p + \frac{3}{4}\right)\pi, (2p+1)\pi\right]; \quad \left[(2p+1)\pi, \left(2p + \frac{5}{4}\right)\pi\right]; \quad \left[\left(2p + \frac{7}{4}\right)\pi, 2(p+1)\pi\right];$$

D'autre part, si v appartient à l'intervalle $[2p\pi, (2p+1)\pi]$, on a

$$|\omega'| = \left| \int_{2p\pi}^{v} \omega'' \, dv \right| < N_{p+1}(v - 2p\pi).$$

On établit une inégalité semblable dans l'intervalle $[(2p+\pi 1),$

$2(p+1)\pi]$. Il en résulte que, quelle que soit $v > 0$, on a

$$(6) \qquad 1 < \frac{\pi(\pi+2)}{\sqrt{2}}(N_1 + N_2 + \ldots + N_{p-1} + \ldots).$$

Par suite, on satisfera à la condition d'ellipticité, si la série formée par les bornes supérieures est convergente et si la somme de cette série est inférieure à $x\sqrt{2}/\pi(\pi+2) = \xi$.

D'ailleurs, si

$$(7) \qquad \omega' > n - 1,$$

n étant un nombre fixe positif, aussi voisin de zéro que l'on veut, condition certainement réalisée pour les systèmes binaires, t croît indéfiniment avec v, et v peut servir à la mesure du temps. Nous supposerons (7) vérifiée et nous ferons jouer à v le rôle du temps. De là le théorème :

« Si à l'instant initial, l'orbite osculatrice est elliptique, si la longitude ω du périastre, sa vitesse ω' et son accélération ω'' sont fonctions continues de v, si ω' est positive quand le corps attiré se meut d'un périastre à l'apoastre qui le suit; négative quand il se meut d'un apoastre au périastre suivant; si, en outre, la série formée par les bornes supérieures de $|\omega''|$ dans les intervalles compris entre les passages successifs aux périastres est convergente et admet une somme inférieure à ξ, l'orbite restera constamment elliptique, tandis que la masse du système ira en décroissant ».

Un exemple simple s'obtient en prenant

$$\omega = K[1 - E^{-v}(\sin v + \cos v)],$$

où la constante positive K est inférieure au plus petit des deux nombres $\frac{x}{2}$ et $\frac{1-n}{\sqrt{2}}E^{\frac{5\pi}{4}}$. L'équation (1) montre que la diminution de masse est proportionnelle à la masse elle-même et à l'excentricité; elle contient le facteur E^{-v} qui décroît rapidement au cours des révolutions successives.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur les solutions des équations de Maxwell pour le vide.* Note [1] de M. **Al. Proca**, présentée par M. L. de Broglie.

Le plus souvent, on écrit les solutions des équations de Maxwell pour le vide

$$(1) \qquad \frac{1}{c}\frac{\partial e}{\partial t} = \operatorname{rot} h, \qquad \operatorname{div} h = 0, \qquad -\frac{1}{c}\frac{\partial h}{\partial t} = \operatorname{rot} e, \qquad \operatorname{div} e = 0,$$

[1] Séance du 18 décembre 1933.

en utilisant le potentiel d'univers, donc quatre fonctions, soumises d'ailleurs à certaines conditions. On connaît une solution de G. Mie et P. Debye [1], qui ne dépend que de deux potentiels scalaires. Pour l'étude d'un problème auquel nous consacrerons une Note ultérieure, nous avons besoin de solutions ne dépendant que d'un seul « potentiel » scalaire.

Soit Φ une fonction soumise à la seule condition

$$\frac{\partial^2\Phi}{\partial x^2}+\frac{\partial^2\Phi}{\partial y^2}+\frac{\partial^2\Phi}{\partial z^2}-\frac{1}{c^2}\frac{\partial^2\Phi}{\partial t^2}=0. \tag{2}$$

On vérifie que les expressions suivantes

$$e_1=X\Phi,\quad e_2=Y\Phi,\quad e_3=Z\Phi;\quad h_1=L\Phi,\quad h_2=M\Phi,\quad h_3=N\Phi \tag{3}$$

(obtenues en appliquant à Φ les opérateurs X, ..., L, ... que nous définirons plus loin) satisfont formellement aux équations (1). Posons

$$\partial_1=\frac{\partial}{\partial x},\qquad \partial_2=\frac{\partial}{\partial y},\qquad \partial_3=\frac{\partial}{\partial z},\qquad \partial_0=\frac{1}{c}\frac{\partial}{\partial t},$$

nous pouvons écrire les opérateurs en question sous la forme

$$(4)\quad\left\{\begin{aligned}
X&=\frac{1}{\sqrt{\partial_0}}\frac{1}{\sqrt{\partial_1^2+\partial_2^2}}[\partial_0\partial_2\cos\alpha-\partial_3\partial_1\sin\alpha], & L&=\frac{1}{\sqrt{\partial_0}}\frac{1}{\sqrt{\partial_1^2+\partial_2^2}}[-\partial_0\partial_2\sin\alpha-\partial_3\partial_1\cos\alpha],\\
Y&=\frac{1}{\sqrt{\partial_0}}\frac{1}{\sqrt{\partial_1^2+\partial_2^2}}[-\partial_0\partial_1\cos\alpha-\partial_2\partial_3\sin\alpha], & M&=\frac{1}{\sqrt{\partial_0}}\frac{1}{\sqrt{\partial_1^2+\partial_2^2}}[\partial_0\partial_1\sin\alpha-\partial_2\partial_3\cos\alpha],\\
Z&=\frac{1}{\sqrt{\partial_0}}\frac{1}{\sqrt{\partial_1^2+\partial_2^2}}[\partial_1^2+\partial_2^2]\sin\alpha; & N&=\frac{1}{\sqrt{\partial_0}}\frac{1}{\sqrt{\partial_1^2+\partial_2^2}}[\partial_1^2+\partial_2^2]\cos\alpha.
\end{aligned}\right.$$

En dehors d'opérateurs connus, ces formules contiennent des symboles du type $\sqrt{\partial_0}$, $\sqrt{\partial_1^2+\partial_2^2}$, ainsi que leurs inverses ; ces symboles signifient ici des *dérivées d'ordre fractionnaire*, positif ou négatif, ce qui justifie la notation adoptée. La définition simple de Liouville suffira pour le but que nous avons en vue. Par définition, la dérivée d'ordre s quelconque d'une fonction qui, développée en série de Fourier, a la forme $f(x)=\sum_k A_k e^{kx}$, sera

$$D^s f=\sum_k A_k k^s e^{kx}. \tag{5}$$

On aura donc, si

$$\Phi=\sum A e^{i(px+qy+rz-Wt)}, \tag{6}$$

$$\sqrt{\partial_0}\Phi=\sum\frac{1-i}{\sqrt{2}}\sqrt{\frac{W}{c}}Ae^{i(\ldots)},\qquad \frac{1}{\sqrt{\partial_0}}\Phi=\sum\frac{1+i}{\sqrt{2}}\sqrt{\frac{c}{W}}Ae^{i(\ldots)}, \tag{7}$$

---

[1] G. Mie, *Ann. der Physik*, 25, 1908, p. 377; P. Debye, *ibid.*, 30, 1909, p. 57.

et de même

$$(7') \quad \sqrt{\partial_1^2 + \partial_2^2}\,\Phi = \sum i\sqrt{p^2+q^2}\,\mathrm{A}\,e^{i\ldots}; \qquad \frac{1}{\sqrt{\partial_1^2+\partial_2^2}}\,\Phi = \sum \frac{1}{i\sqrt{p^2+q^2}}\,\mathrm{A}\,e^{i\ldots}.$$

La convergence des développements (5) ou (7) joue évidemment un rôle capital dans l'ensemble de cette théorie. Elle ne suscitera cependant pas de difficultés pour l'instant parce que, dans le cas qui nous préoccupe, nous nous bornerons à des potentiels Φ formés par une suite finie du type (6).

α, qui apparaît dans les formules (4), est un opérateur soumis à la seule condition de *commuter avec tous les* ∂_r. Il peut signifier par exemple : multiplication par un nombre quelconque; mais aussi : multiplication par un nombre différent pour chaque terme de la somme (6).

Enfin les dénominateurs des formules (4) semblent introduire des singularités. Or il est facile de voir que la singularité introduite par $\sqrt{\partial_1^2+\partial_2^2}$ n'est qu'apparente et que la condition (2) élimine la singularité qui pourrait provenir de $\sqrt{\partial_0}$.

Les solutions dont il est question dans cette Note permettent d'établir un lien entre la théorie électromagnétique et la théorie quantique des photons, à une approximation qui est la même que celle représentée par la mécanique de Schrödinger par rapport à la mécanique de Dirac. La même idée qui a présidé à leur choix, à savoir la décomposition du vecteur d'univers

$$\frac{\partial}{\partial x}, \quad \frac{\partial}{\partial y}, \quad \frac{\partial}{\partial z}, \quad \frac{1}{c}\frac{\partial}{\partial t},$$

permet de résoudre le problème général.

ÉLECTROTECHNIQUE. — *Sur la possibilité d'obtenir un débit variable des génératrices à courant continu dont l'excitation est contrôlée par les phénomènes de réaction transversale.* Note ([1]) de M. **André Guilbert**, présentée par M. Paul Janet.

On sait que le problème de la régulation de la tension des génératrices à courant continu à vitesse très variable, destinées à l'éclairage des automobiles et des voitures de chemin de fer, peut être résolu simplement en faisant dépendre le champ inducteur des phénomènes de distorsion du flux

([1]) Séance du 18 décembre 1933.

qui se produisent en charge dans l'entrefer. En réalité, la régulation de la tension est obtenue en couplant ces génératrices en parallèle avec des accumulateurs et le problème se trouve reporté sur l'autorégulation du courant débité.

Plusieurs solutions, d'ailleurs pratiquement équivalentes, sont utilisées, permettant d'obtenir un courant approximativement constant dans une grande étendue de vitesse. La plus simple consiste à se servir d'une excitation shunt montée entre un balai normal, placé sur une ligne neutre, et un balai auxiliaire situé sous la corne d'entrée du pôle suivant.

Les machines à balai auxiliaire d'excitation, dites génératrices à trois balais, ne doivent être considérées qu'associées à une batterie d'accumulateurs. Si le courant fourni au circuit d'utilisation est inférieur à la valeur du courant constant de la dynamo, l'excès de celui-ci charge la batterie; dans le cas contraire la batterie fournit l'appoint nécessaire. Un conjoncteur-disjoncteur sépare la batterie de la dynamo lorsque la vitesse devient trop faible, en assurant l'alimentation du circuit d'utilisation par la batterie seule.

Le principe de la régulation du courant dans l'induit de la dynamo repose sur le fait que, l'entrefer étant très faible, la réaction transversale est particulièrement importante. Pour la même tension aux bornes et un courant approximativement constant dans l'induit, la force électromotrice induite sous les cornes d'entrée des pôles, et alimentant l'excitation, décroît progressivement lorsque la vitesse augmente, c'est-à-dire lorsque le flux diminue, par suite de l'augmentation relative de la distorsion du flux; ce qui réalise automatiquement l'effet régulateur cherché.

Ces machines présentent le défaut de travailler toujours à pleine charge, même lorsque aucun appareil n'est en service sur le circuit d'utilisation. On est amené ainsi à augmenter la capacité de la batterie afin que celle-ci ne soit pas surchargée dangereusement en absorbant la totalité du courant de la dynamo pendant la journée où aucune lampe n'est allumée. Dans la marche de nuit au contraire la batterie ne se charge qu'exceptionnellement et insuffisamment pour l'usage qui lui est demandé dans les périodes d'arrêt.

Le problème se posait donc de pouvoir demander à la génératrice un courant supplémentaire sans qu'il en résulte de perturbation sur le courant constant, débité cette fois uniquement dans la batterie. Dans ces conditions la batterie se trouve chargée en permanence à faible régime et la puissance absorbée par la génératrice devient proportionnée aux besoins.

Une solution, due à la Société Stone (¹), consiste à faire passer le courant destiné aux appareils d'utilisation dans un enroulement compound qui renforce le champ inducteur et augmente le courant débité par la machine. Il est possible ainsi de doubler ce courant en gardant une charge régulière de la batterie.

La solution qui va être décrite permet de porter la valeur de ce courant supplémentaire à dix fois celle du courant de charge de la batterie, sans qu'il en résulte pour ce dernier des variations supérieures à 5 pour 100, quelle que soit la vitesse. Cette solution consiste à faire passer le courant du circuit d'utilisation dans un enroulement de compensation logé dans des encoches situées dans les épanouissements polaires. En compensant ainsi la réaction transversale, due au courant d'utilisation seul, on rétablit la distribution exacte des champs qui existait dans l'entrefer lorsque la machine débitait simplement le courant de charge de la batterie; d'où invariance de celui-ci.

Il est à remarquer que la compensation ne joue essentiellement qu'au niveau des cornes d'entrée des pôles, sous lesquelles se trouve induite la force électromotrice alimentant l'excitation. On peut donc se contenter d'une compensation partielle, localisée à ce niveau, et réalisée à l'aide d'une encoche et d'une seule bobine par pôle, embrassant le flux passant à travers la corne d'entrée.

L'emploi de ces nouvelles génératrices permet d'utiliser des batteries de très faible capacité, ce qui est important en particulier au point de vue de l'aviation où la question poids joue un si grand rôle. L'absence de régulateur de tension en rend le fonctionnement beaucoup plus sûr et contribuera ainsi à l'augmentation de la sécurité dans les vols de nuit.

Pour l'automobile, sans augmenter la capacité des batteries actuellement en service, il sera possible de disposer d'une puissance importante, permettant, tout en assurant dans tous les cas la charge de la batterie, l'usage de phares plus puissants, le chauffage électrique de la voiture et l'introduction de nouveaux organes auxiliaires électriques.

(¹) Iglesis, *Bull. Soc. française des Électriciens*, 4ᵉ série, 1, 1921, p. 31.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la détermination du poids atomique du molybdène.* Note (1) de M. **Raymond Lautié**, présentée par M. C. Matignon.

Un examen critique des différentes méthodes proposées pour la détermination du poids atomique du molybdène nous a montré que la méthode de Dumas (2) était la plus précise si l'on observait certaines précautions. Elle est basée sur la réduction par l'hydrogène de l'anhydride molybdique en molybdène.

Pour obtenir de l'anhydride molybdique très pur, nous chauffons un poids d'environ 500g d'anhydride du commerce, à 250°, dans un appareil à distillation en pyrex, en présence de gaz chlorhydrique sec.

La chlorhydrine molybdique formée distille et se condense dans un ballon en quartz. Nous ne recueillons pas les produits de condensation du début et de la fin de la distillation. La chlorhydrine molybdique est dissoute dans une solution ammoniacale. La liqueur obtenue est évaporée jusqu'à sec. Le résidu, après addition d'acide nitrique, est chauffé à 400° dans un courant d'oxygène pur. Le produit solide, très blanc à froid, est introduit dans un appareil à sublimation en quartz, chauffé un peu au-dessus de 793°, point de fusion de l'anhydride molybdique. Après cinq sublimations, on a de brillants cristaux rhomboédriques d'anhydride molybdique pur qu'il faut conserver dans des récipients en quartz ou en platine placés dans des dessiccateurs à baryte.

Un poids de l'ordre de 1g,5 d'anhydride molybdique pur est mis dans une nacelle en quartz préalablement soumise à une série de chauffages à 1000°, jusqu'à ce que son poids à froid soit bien constant, puis introduit dans un tube à combustion rempli d'hydrogène pur.

Ce gaz est obtenu par électrolyse avec cathode de platine, d'eau distillée saturée de baryte. Il passe alors sur de la mousse de palladium légèrement chauffée, puis barbote dans des solutions de potasse et dans de l'acide sulfurique. Il est soumis, avant son entrée dans l'appareil à réduction purgé d'air, à un champ électrique intense qui le transforme partiellement en hyzone. La température est lentement élevée jusqu'à 800°. Au bout de

(1) Séance du 18 décembre 1933.

(2) Dumas, *Comptes rendus*, 45, 1857, p. 709.

10 heures, l'hydrogène est aspiré à la trompe à vide. On introduit ensuite de l'argon, puis on ramène la température de l'appareil à 20°.

Dans ces conditions expérimentales, la réduction de l'anhydride molybdique en molybdène se fait rapidement à une température où l'on n'a pas à craindre des pertes par volatilisation, le récipient n'est pas attaqué, le molybdène ainsi préparé ne contient pas d'hydrogène occlus et le long chauffage qu'il a subi le rend difficilement oxydable par l'air. Néanmoins, les pesées du métal sont faites en présence d'argon ou d'azote.

Dans chaque expérience, l'anhydride molybdique sublimé est d'origine différente. La densité à 20° des échantillons de molybdène oscille entre [10,12] et [10,18], Lederer [1] à 17° a obtenu [10,2] et Fink [10,02] [2].

Sept expériences de réduction nous ont donné le rapport

$$\frac{M_0}{M_0O^3} = 0,66669 \pm 0,00001.$$

D'où, nous déduisons $M_0 = 96,01$ à moins de $\pm 0,01$.

Par la même méthode, Dumas [3] a trouvé 95,9; Debray [4] 95,4; Pfortden [5], 96,1; Vanderberghe [6], 96,06.

Par oxydation du molybdène précédemment obtenu, en anhydride molybdique, sept expériences nous ont donné le rapport

$$\frac{M_0}{M_0O^3} = 0,66668 \pm 0,00001,$$

ce qui confirme nos résultats précédents.

Par cette dernière méthode, Muller [7] a obtenu $M_0 = 96,02$.

Aston [8] a trouvé $95,97 \pm 0,05$ par la mesure des masses des sept isotopes du molybdène et de leurs proportions relatives. La Commission internationale des poids atomiques a adopté 96,0.

L'ensemble de nos résultats semble indiquer que le poids atomique actuellement admis est exact à plus de 0,02 près.

---

(1) LEDERER, *Dissert. Munchen*, 1911.
(2) FINK, *Trans. Am. Elec. Soc.*, **17**, 1910, p. 232.
(3) *Loc. cit.*
(4) DEBRAY, *Comptes rendus*, **66**, 1868, p. 732.
(5) PFORDTEN, *Z. analyt. Chem.*, **23**, 1884, p. 413.
(6) VANDERBERGHE, *Z. anorg. Chem.*, **20**, 1895, p. 47.
(7) MULLER, *J. Amer. Chem. Soc.*, **37**, 1915, p. 2046.
(8) ASTON, *Nature*, **126**, 1930, p. 200.

MINÉRALOGIE. — *Sur la zone aurifère de l'Urega oriental (Kivu, Congo belge).* Note [1] de M. **René Van Aubel**.

Cette région pour la première fois étudiée est limitée par les 27°30' et 28°30' longitude Est les 2°30' et 3°30' parallèles Sud. Au point de vue stratigraphique, nous distinguons de bas en haut :

Série cristallophyllienne. — 1. Gneiss de l'Elila. — 2. Micaschistes biotitiques; 3. Micaschistes muscovitiques, à intercalations locales d'amphibolites zonaires et de quartzites leptynitiques. — *Discordance locale.* Pas de conglomérat de base.

Série métamorphique. — 4. Schistes zonaires, fréquemment séricitiques, où l'on reconnaît de haut en bas : E. Schistes siliceux, à intercalations peu constantes de quartzites clairs. — D. Horizon de quartzites blancs, à petites intercalations schisteuses. — C. Schistes à intercalations de quartzites blancs ou jaunâtres. — B. Schistes subcristallins, passant localement aux micaschistes. — A. *Non observé :* conglomérat de base.

Discordance marquée. — 5. Série subhorizontale (étage du Lualaba). — 6. Coulées de basalte.

La série cristallophyllienne correspond au système de la Ruzizi et la série métamorphique au système de Muva-Ankole-Urundi-Kibara (étage inférieur). La séquence des intrusions est la suivante, des plus anciennes aux plus récentes :

I. Intrusions basiques prégranitiques (amphibolites). — II. Granite biotitique *premier*, fréquemment gneissique, intrusif dans les termes 1 à 3, ainsi que ses produits de différenciation. — III. Amphibolites feuilletées mélanocrates, intrusives dans les termes 1 à 4 inférieur. — IV. *Granulite,* à deux micas (muscovite dominante; tourmaline occasionnelle), injectant les termes 1 à 4 inférieur. — IV *bis. Groupe aurifère principal :* filons quartzo-aurifères, produits ultimes de la différenciation acide des granites seconds, recoupant les termes 4 B à 4 C. — V. Diorito-diabases massives, intrusives dans les termes 1 à 4. — V *bis. Groupe aurifère second,* d'extension restreinte, représenté par des filons de quartz de la différenciation acide des diorites du groupe V, recoupant les termes 4 B. 4 C, 4 E. — VI. Diorites et diorito-diabases, recoupant le Lualabien. — VII. Basaltes.

Le premier granite est pré-Urundi, le second, post-Urundi et sans doute contemporain du plissement majeur de la série de Muva-Ankole-Urundi-Kibara. Le métamorphisme régional développe, dans les termes stratigrafiques 1 à 4, des paragenèses de la mésozone de Grubenmann; ou bien, à la

---

[1] Séance du 18 décembre 1933.

bordure de la zone aurifère, des paragenèses de l'épizone. Les alignements aurifères reconnus, les grands dykes basiques, la dislocation jalonnée par les sources thermales, sont parallèles entre eux et à l'orientation des couches métamorphiques. La zone aurifère principale occupe le flanc méridional d'un synclinorium de premier ordre.

Dans sa Note sur la métallogénie de l'or, au Kivu, Jean de la Vallée Poussin associe la minéralisation aurifère aux *seconds* granites. Nous formulons la même conclusion, mais pour des raisons différentes. Cette venue aurifère ne dérive pas des premiers granites, car l'or n'apparaît pas dans les micaschistes de leur bordure. Par contre, la silicification étendue de la zone minière, l'abondance des minéraux de pneumatolyse (tourmaline), dans les roches et les filons aurifères, les actions de contact et les recristallisations dues à ces filons, incitent à rapporter la minéralisation aurifère *principale* aux granites seconds; les pegmatites *secondes* ne renferment que des traces d'or. Il en va autrement de certaines pegmatiques dynamo-métamorphisées secondes, recoupées par de minces filets de quartz aurifère subséquents; la minéralisation aurifère des pegmatites y est acquise. L'association *or-tourmaline-mispickel-pyrite* est un autre argument. La localisation stratigraphique et tectonique, les caractères morphologiques et minéralogiques des filons aurifères de l'Urega, les rattachent aux stades *hypo* et *méso*-thermaux du groupe aurifère *ancien*. L'examen macroscopique du quartz aurifère filonien indique que la minéralisation s'effectue en plusieurs phases, abstraction faite des cémentations descendantes :

Phase préminérale. — 1. Quartz I, massif ou à gros grain, faiblement sulfuré, aux fissures tourmalinifères. — 2. Dislocation du quartz I : fissures, brèches et microbrèches.

Phase minérale. — 3. Introduction, dans les fissures du quartz I et des épontes, de quartz II, finement grenu : tourmaline et sulfures à gros grain (mispickel, pyrite, galène, blende, graphite). — 4. Mouvements intrafiloniens. — 5. *Phase aurifère.* Dépôt de quartz III, vitreux, finement grenu, et les mêmes sulfures que dans la phase 3, mais en petits grains. L'or, en majeure partie amalgamable, est associé au mispickel, qu'il remplace (cémentation ascendante) ainsi que les quartz II et III.

Phase post-minérale. — 6. Phase chloritique et séricitique, et dépôt de quartz IV, laiteux ou lamellaire (précipitation rythmique), à traînées de pyrite stérile.

La minéralisation affecte une disposition zonaire, autour d'un centre : le mont Kibukira, les schistes sont tourmalinisés et recoupés par des filons de quartz pegmatoïde aurifère. Cette zone centrale est marquée par une minéralisation auro-tourmalino-mispickelifère, faiblement bismuthifère, sans tellurures ni composés antimoniés. On y rencontre des pegmatites.

Concentrique à la première mais plus étendue, la zone médiane comporte une minéralisation auro-pyriteuse, peu mispickelifère, dépourvue de tourmaline. D'occurrence locale, à pyrite dominante, la zone extérieure est faiblement aurifère. Divers facteurs conditionnent la localisation des gîtes aurifères filoniens. D'abord, l'emplacement des dislocations longitudinales et transversales, et leur point de rencontre où le réseau filonien apparaît de préférence. Ainsi s'explique la discontinuité des gîtes, suivant un même alignement aurifère. La proximité ou l'éloignement des dômes granitiques adventifs, affleurants ou souterrains, est un autre facteur. Le degré de fissuration des quartz I et II paraît la condition du dépôt de l'or et de sa continuité. Les filons aurifères se présentent au flanc sud de l'anticlinal de premier ordre et aux flancs les plus redressés des anticlinaux secondaires, au droit de virgation dans les couches encaissantes. Ces filons sont généralement interstratifiés.

GÉOLOGIE. — *Une hypothèse nouvelle sur l'origine des sources thermo-minérales d'Aix-les-Bains (Savoie).* Note [1] de MM. **G. Schneider** et **L. Moret**, présentée par M. de Launay.

Un certain nombre d'hypothèses ont été tour à tour proposées pour expliquer l'origine des célèbres sources; mais il faut reconnaître qu'aucune n'est entièrement satisfaisante du point de vue géologique et qu'elles s'accordent toutes assez mal avec les premiers résultats auxquels des considérations hydrodynamiques simples ont conduit l'un de nous, qui suit les sources depuis plusieurs années et qui a dirigé les récents travaux de captages.

D'après ces résultats, il semble que *l'origine des eaux soit à rechercher à plus de* 10^{km} *des émergences; la cote de la zone d'infiltration dépasserait* 350^{m} *et sa surface serait de plusieurs kilomètres carrés.*

Or, dans l'hypothèse de J. Révil (qui fait intervenir le simple jeu des couches perméables et imperméables du synclinal à noyau mollassique des Chaffardons à la base du Revard), la zone d'infiltration, réduite à l'Urgonien fragmentaire du flanc ouest du Revard, ne permet d'expliquer ni l'importance ni la régularité du débit (39 l/sec), et l'on peut même se demander si le synclinal des Chaffardons descend assez bas pour rendre compte de la température élevée (45-47°) des eaux.

---

[1] Séance du 18 décembre 1933.

Pour W. Kilian, le Revard est le château d'eau qui alimente les sources; les eaux d'infiltration traversent indistinctement les couches perméables et imperméables du massif et sont collectées à très grande profondeur (où elles se réchauffent) près du Trias (où elles se minéralisent), par le plan de refoulement de la base du Revard qui les ramène vers la surface en utilisant la bande urgonienne de la Roche-du-Roi.

Mais, outre que la minéralisation des eaux d'Aix n'est pas celle des eaux triasiques, on se heurte, dans cette hypothèse, aux nombreux niveaux imperméables (marnes ou marnocalcaires hauteriviens, valanginiens, jurassiques) qui se montrent dans la masse du Revard et qui doivent s'opposer à la descente de l'eau de surface.

Enfin, l'hypothèse de Ch. Gorceix, d'après laquelle les eaux d'Aix viendraient en grande partie du Rhône, donc de l'Ouest (et en particulier de la région de Cressin) en passant sous le Bourget et en utilisant une faille longitudinale hypothétique affectant le bassin de ce lac, ne peut être retenue à cause de la faible cote de la zone d'infiltration; l'ascension des eaux thermales devient difficilement compréhensible.

Toutes ces raisons nous ont engagés à rechercher une nouvelle explication de l'origine des sources d'Aix, et à résoudre le problème en tenant compte des données géologiques chimiques, hydrodynamiques.

Ce résultat est atteint, croyons-nous, si l'on admet que *ces eaux viennent du Nord*.

En effet, la grande dépression mollassique de Rumilly-Alby-Albens, limitée à l'Ouest par l'anticlinal de la Chambotte-Gros-Foug, à l'Est par celui du Revard-Semnoz, se rétrécit progressivement vers le Sud, tandis que le fond urgonien de la cuvette remonte pour émerger à Aix à la Roche-du-Roi. Vers l'Ouest, ce petit dôme se soude latéralement près des gorges du Sierroz, à l'Urgonien de la Chambotte qui plonge ici périclinalement.

Or cet Urgonien, toujours plus ou moins anfractueux, est maintenu entre deux niveaux imperméables : à la base les marno-calcaires hauteriviens, au sommet les marnes aquitaniennes de la mollasse inférieure. L'eau qui y circule ne peut donc provenir que des zones où cet urgonien affleure lui-même et recueille directement les eaux météoriques.

Ces zones, quelles sont-elles ? Tout d'abord la lisière orientale du Gros-Foug et de la Chambotte; peut-être le pan occidental du Semnos-Revard, quoique *a priori* la constitution de ce versant se prête assez mal à ce rôle; enfin, et surtout, la suite de chaînons jurassiens qui émerge de la mollasse dès Lovagny (coteau de Poisy, montagne de la Balme, Crêt à la Dame, montagne d'Allonzier-la-Caille) qui mettent à nu des surfaces considérables de calcaires urgoniens lapiazés et à des cotes très supérieures à notre cote-limite.

Pour nous, la plus grande partie des eaux qui s'infiltrent dans ces calcaires et dont une faible partie seulement réapparaît dans les cluses (Usses,

Fier) sous forme de résurgences, s'écoule vers le Sud-Est et le Sud en suivant l'allure structurale des couches. Les eaux atteignent rapidement la base de l'Urgonien et glissent sur les marno-calcaires noirs impurs de l'Hauterivien, toujours riches en pyrite de fer, où elles se minéralisent. Elles se rassemblent ainsi dans le fond du grand synclinal du Rumilly-Alby-Albens, où elles peuvent atteindre une profondeur considérable, qui explique leur haute thermalité. Plus au Sud, le fond du synclinal se relève, ce qui force les eaux chaudes à remonter et, finalement, par deux fissures plus importantes que les autres, une partie de ces eaux parvient aux griffons des sources *Soufre* et *Alun*.

Notre hypothèse est d'autant plus vraisemblable qu'une succession d'émergences thermales, ayant à peu près la même composition chimique que les eaux d'Aix, peut se suivre le long du bord oriental de la chaîne la Caille-la Balme-Lovagny (sources sulfureuses de la Caille, de Bromines, de Chantepoulet). Or, toutes ces sources sont manifestement collectées par l'Urgonien et doivent leur minéralisation aux couches pyriteuses de l'Hauterivien au niveau desquelles elles émergent.

HYDROLOGIE. — *Analyse des niveaux du Niger et du Nil.* Note (¹) de M. **V. Frolow**, présentée par M. d'Ocagne.

1. Dans cette Note sont utilisées les moyennes mensuelles des observations du niveau du Niger à Koulikoro, faites par le Service de Navigation et celles du nilomètre de Wadi Halfa, communiquées par la Société royale de Géographie d'Égypte. L'analyse de ces séries, s'étendant de 1907 à 1933, est faite selon la méthode de M. H. Labrouste (²). Elle n'a pu être terminée que grâce aux directives reçues de M. et Mme Labrouste, auxquels va toute notre gratitude.

2. L'analyse révèle l'existence de plusieurs composantes dont la principale est celle annuelle et qui (à l'exception de la période de 3 mois) sont reproduites en vraie grandeur sur la figure. Le tableau ci-après donne, pour toutes les composantes dégagées, la longueur moyenne de période, l'amplitude maximum, la valeur relative de cette dernière, rapportée à l'amplitude maximum des moyennes mensuelles observée entre

(¹) Séance du 18 décembre 1933.

(²) *Annales de l'Institut de Physique du Globe*, 7, 1929, p. 190.

1907 et 1933. Cette dernière est égale à $8^{m},05$ à Wadi Kalfa et à $7^{m},58$ à Koulikoro. La dernière colonne donne le rapport des amplitudes des composantes correspondant à ces deux stations.

Hydromètre.	Valeur moyenne de la période.	Amplitude maximum.	Valeur relative de l'amplitude maximum.	Rapport des amplitudes WH : K.
	mois	m	%	
Wadi Halfa........	3	∼1,40	∼18	∼1,80
Koulikoro.........	3	∼0,75	∼10	
Wadi Halfa........	4	1,11	13,8	1,19
Koulikoro.........	4	0,88	11,6	
Wadi Halfa........	6	3,11	38,6	1,30
Koulikoro.........	6	2,24	29,6	
Wadi Halfa........	12	6,52	81,0	1,00
Koulikoro.........	12	6,17	81,4	
Wadi Halfa........	21,3	0,43	5,3	2,12
Koulikoro.........	19,7	0,19	2,5	
Wadi Halfa........	33,4	0,84	10,6	2,30
Koulikoro.........	30,0	0,35	4,6	
Wadi Halfa........	76,5	0,61	7,6	1,65
Koulikoro.........	60,0	0,35	4,6	

3. Le reste fait apparaître d'une part l'existence de variations de niveau de courte durée et dont l'amplitude est généralement très faible. L'équidistance des sommets étant souvent bien marquée, il n'est pas douteux qu'il y ait des composantes dont la période est inférieure à 3 mois.

4. D'autre part on distingue sur le graphique du reste la résultante des périodes plus longues que $5^{a},5$ et qui intéressent environ 1^{m} de l'échelle à Wadi Halfa et $0^{m},50$ à Koulikoro (soit respectivement 12 et 7 pour 100 environ de l'amplitude des moyennes mensuelles).

5. Les résultats énoncés font ressortir que, malgré une allure générale concordante, il existe une différence assez marquée dans le régime des niveaux du Nil et du Niger. Elle tient à la marche différente de l'amplitude des composantes à Wadi Halfa et à Koulikoro, à l'importance relative différente des périodes, autres que celle d'une année, et à la différence de phase existant pour les composantes aux deux hydromètres. Ceci explique que la corrélation des cotes maxima annuelles est faible (coefficient de relation $\tau^2 = 0,245$ pour les années 1907-1932).

9m
6
3
0
Moyennes mensuelles
Wadi Halfa
Koulikoro
T=4
T=6
T=12
T= 21,3 (WH) 19,7 (K)
T= 33,4 (WH) 30,0 (K)
T= 76,5 (WH) 60,0 (K)
Reste
Wadi Halfa
Koulikoro
1907
1908
1909
1910
1911
1912
1913
1914
1915
1916
1917
1918
1919
1920
1921
1922
1923
1924
1925
1926
1927
1928
1929
1930
1931
1932

HYDROLOGIE. — *Les variations d'une source thermale : la source des Dames de Plombières.* Note [1] de MM. **R. Delaby**, **R. Charonnat** et **M. Janot**, présentée par M. A. Desgrez.

Les sources chaudes sont réputées de minéralisation fixe, mais l'opinion contraire a été quelquefois soutenue; en 1823, Michel Bertrand à propos des eaux du Mont-Dore l'exprimait ainsi : « les eaux thermales ont leurs jours de plus grande énergie et de plus forte vie ». On ne peut prendre position dans ce débat que par l'observation minutieuse et prolongée de sources hyperthermales à l'abri des oscillations banales imputables à des eaux superficielles.

La source des Dames à Plombières nous a paru présenter les garanties nécessaires pour cette étude : issue du granite dans un captage gallo-romain, elle a un débit et une température presque fixes (51 à 52° d'après des mesures séculaires).

Trois années de suite, au mois de septembre, nous avons déterminé la teneur de l'eau en radon (47 mesures), la proportion de radon et d'oxygène dans les gaz spontanés; la température, le débit et la minéralisation ont été observés à différentes époques de l'année.

I. Les valeurs les plus variables sont celles de la *radioactivité*. Les résultats de 1931 laissaient entrevoir une concordance entre l'accroissement de la teneur en radon de l'eau et l'élévation de la pression atmosphérique.

Nous avons pu constater sur plusieurs griffons de la station qu'un abaissement provoqué du plan d'eau d'une dizaine de centimètres détermine une venue abondante de gaz spontanés, lesquels, plus radioactifs que l'eau, peuvent l'enrichir en émanation lorsqu'ils sont retenus. Mais ce facteur n'intervient pas seul comme on le verra par l'examen de quelques nombres obtenus en 1932 et 1933.

La moyenne de nos déterminations s'établit à 13,05 pour 1931, 12,65 pour 1932, 13,36 pour 1933; celles de 1931 ont été faites à la suite d'un été très pluvieux et celles de 1932 et 1933 ont suivi au contraire des périodes de grande sécheresse. Les écarts autour de la valeur moyenne atteignent respectivement 14, 10 et 6 pour 100, dépassant beaucoup les erreurs d'expérience. On n'aperçoit aucune périodicité dans les fluctua-

---

[1] Séance du 18 décembre 1933.

tions de la radioactivité de l'eau, aucun rapport avec les phénomènes météorologiques, sismiques, cosmogoniques, ni avec les variations des autres caractéristiques de la source.

Date et heure.	Température.	Pr. atmosph.	Radon de l'eau.	Niveau dans le bassin.
	°	mm	mμc	
10 sept. 1932 à 23.00 h....	51,8	723,5	12,5	—
11 » à 9. 7....	51,7	724	11,4	—
13 » à 9. 8....	51,8	729,5	12,3	—
13 » à 21.25....	51,8	731	13,8	—
24 » à 14.10....	51,8	718,5	12,9	le plus bas observé
16 sept. 1933 à 11.44....	51,8	730	12,6	très bas
17 » à 8.10....	51,8	728	14,0	très bas
19 » à 20.15....	51,8	724	13,9	très bas
22 » à 11.30....	51,7	726	12,7	haut
25 » à 8.45....	51,7	721	13,6	très haut
25 » à 20. 5....	51,8	724	13,8	très haut

II. Les *gaz spontanés* montrent dans leur radioactivité des écarts du même ordre : $132^{m\mu c},4$ (18 septembre 1932), $123^{m\mu c},9$ (21 septembre), $140^{m\mu c},6$ (27 septembre); cette dernière valeur est l'une des plus fortes teneurs en radon de gaz thermal observées en France.

Le séjour plus ou moins long des gaz spontanés dans les anfractuosités du granite pourrait expliquer ces écarts; on retrouve pourtant des oscillations comparables (6 à 7 pour 100) dans la teneur en oxygène de ces gaz; des variations analogues ont été notées par Jutier et Lefort en 1862 sur des sources voisines.

III. La *température* (thermomètre à demeure dans le griffon) est restée entre d'étroites limites : 51°,9-52° (septembre 1931); 51°,6-51°,7 (décembre 1931); 51°,7-51°,8 (septembre 1932 et 1933). Par contre, il est manifeste que le *débit* de la source varie un peu d'un moment à l'autre, sans aucune périodicité.

La *concentration* de l'eau a été déterminée lors de nos prélèvements pour dosages de radon et sur des prélèvements mensuels depuis novembre 1932; nous avons, dans ce but, dosé l'extrait sec à 180° et l'extrait sulfaté qui peuvent être obtenus avec une approximation de quelques millièmes. Nous avons observé en une année des variations de 5 pour 100 autour de la valeur moyenne, mais une pareille fluctuation apparaît au cours de certaines journées. Parfois l'extrait sec à 180° varie de façon sensible, alors que l'extrait sulfaté reste pratiquement constant.

Heure du prélèvement.	Extrait sec à 180°.	Extrait sulfaté (en mg/litre).
10 sept. 1932 à 15^h	277,5	304,9
10 » 23^h	294,9	332,0
15 sept. 1933 à 21^{h}15^m	291,2	320,7
16 » 11^{h}44^m	285,2	320,6
16 » 20^h	281,3	320,0

IV. Une partie des variations observées dans la composition de la source des Dames est donc due à une perturbation de la proportion de gaz dissous dans l'eau thermale. L'hypothèse qui nous paraît la plus vraisemblable pour expliquer toutes les variations est la suivante. Quelle que soit l'origine attribuée aux eaux thermales de Plombières il est rationnel d'admettre l'existence en profondeur d'un double courant : eau liquide d'une part, gaz et vapeurs de l'autre; toute variation de pression dans la zone où la source des Dames acquiert sa chaleur se traduira par une modification de la composition des gaz dissous et non dissous, de la teneur en radon et du débit des colonnes thermales; à des profondeurs différentes, les divers filons aqueux qui parviennent à la source n'étant pas affectés de la même façon, il en résulte dans leur mélange de faibles oscillations arythmiques de la température et surtout de la minéralisation.

En résumé nous avons observé des variations rapides et discordantes de toutes les caractéristiques de la source des Dames; elles paraissent liées à des perturbations d'origine profonde, sont relativement faibles et si elles intéressent le problème de la formation des sources thermales, elles ne peuvent modifier l'activité thérapeutique de l'eau.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Activité cosmique et activité solaire. Observation des rayons cosmiques au Scoresby Sund pendant l'Année Polaire.* Note (1) de M. **A. Dauvillier**, présentée par M. Ch. Maurain.

Appareils. — Deux types de chambres d'ionisation ont été utilisées : l'appareil de Wulf-Kolhörster et les appareils à haute pression (100^{atm}) d'argon pur, offert par M. G. Claude, avec électromètre dans le vide, déjà décrits (*Rev. gén. Électr.*, 21, 5 mars, 2 et 9 avril 1932). Le premier permettait des mesures horaires absolues sans blindage, le second des mesures relatives en 12 heures dans un blindage de zinc (99,97 pour 100 Zn) de 10^{cm} d'épaisseur.

(1) Séance du 18 décembre 1933.

Influence de la latitude magnétique. — Le trajet de Brest au Scoresby Sund suivant sensiblement un méridien magnétique (52° à 78°) des mesures furent effectuées en juillet 1932 à bord du *Pollux*. L'activité du navire étant presque aussi élevée que celle du sol, les mesures furent effectuées avec la chambre blindée. Entre 63° et 78° aucune variation systématique ne fut constatée à ± 3 pour 100 près.

Effet barométrique. — Les tourmentes hivernales polaires s'accompagnant de variations barométriques de près de 10 pour 100, tous les appareils, blindés ou non, ont accusé un fort effet barométrique (20 pour 100). L'appareil de Kolhörster a donné pour coefficient massique d'absorption dans l'air, des rayons cosmiques non filtrés et au niveau de la mer, la valeur : $\mu/\rho = 2,58.10^{-3}\,\text{cm}^2/\text{gr}$ et la chambre à haute pression blindée la valeur : $\mu/\rho = 1,66.10^{-3}\,\text{cm}^2/\text{gr}$.

Absorption dans le zinc. — Dans le laboratoire, édifié en bois sur un sol de gneiss actif, l'ionisation due aux rayons γ atteignait 17 pour 100 de l'ionisation totale, dans l'appareil de Kolhörster, et 41 pour 100 dans la chambre à argon, plus sensible aux rayons mous. Les coefficients d'absorption dans l'air et dans le zinc furent comparés directement par la mesure des effets barométriques observés avec la chambre blindée ou non, disposée dans un long et étroit couloir creusé dans la neige dure ($d = 0,5$) attenant au laboratoire. Les coefficients obtenus

$$\left(\frac{\mu}{\rho}\right)_{\text{air}} = 2,1.10^{-3}\,\text{cm}^2/\text{gr} \quad \text{et} \quad \left(\frac{\mu}{\rho}\right)_{\text{Zn}} = 2,0.10^{-3}\,\text{cm}^2/\text{gr}$$

sont égaux, ce qui tendrait à prouver la constance d'absorption des rayons cosmiques dans la matière. Cependant, tandis que l'effet barométrique donne une mesure idéale, — portant, à notre avis, principalement sur des photons — l'absorption dans le zinc est d'une interprétation plus complexe, car elle intéresse les électrons secondaires émis dans la basse atmosphère et dans l'écran lui-même.

Mesure absolue de l'intensité. — Cette mesure a été exécutée avec l'appareil de Kolhörster, préalablement étalonné à Potsdam, sur un glacier bien dégagé (Hvide Fjeld), à l'altitude de 800^{m} et sur une épaisseur de glace de 65^{m}. La moyenne de 40 mesures horaires donne pour intensité des rayons cosmiques non filtrés, au Scoresby Sund, au niveau de la mer et sous la pression normale (76^{cm}), la valeur :

$I = 2,81$ paires d'ions par centimètre cube d'air normal (0° sous 76^{cm}) et par seconde, à 3 pour 100 près.

Fluctuations du rayonnement. — Un grand nombre de mesures horaires

ont montré que le rayonnement pouvait demeurer constant durant des heures au degré de précision des mesures (2 pour 100) ou présenter des fluctuations désordonnées atteignant 17 pour 100, même sur le glacier. Celles-ci ne sont donc pas seulement dues aux « gerbes » d'Anderson mais à des fluctuations vraies d'intensité du rayonnement.

Agitation cosmique. — Des mesures ont été effectuées toutes les 12 heures avec la chambre à haute pression blindée, dans la grotte de neige, durant plusieurs mois, afin de comparer l'activité cosmique avec les activités magnétique-aurorale et solaire. Les mesures, corrigées de l'effet barométrique, montrent de remarquables périodes de calme absolu (à 0,5 pour 100 près) pouvant durer plusieurs jours et des périodes de variations désordonnées atteignant ± 4 pour 100. Ces phénomènes sont sans rapport avec les activités magnétique-aurorale et solaire, qui, comme nous l'avons montré (¹), étaient en opposition de phase à cette époque.

Interprétation théorique. — Dans la théorie que nous avons donnée de l'origine des rayons cosmiques (²) les électrons solaires, issus des grains de riz et facules, sont accélérés dans le champ électrique, faible mais étendu, régnant dans la chromosphère. Ils forment la couronne solaire, puis la lumière zodiacale aimantant la Terre. Ils s'enroulent enfin dans le champ magnétique du globe, et s'échappent après avoir traversé la haute atmosphère. Les électrons secondaires émis sont responsables de l'aurore polaire et non polaire et de leurs effets secondaires (courants telluriques, ozone, etc.). Les photons émis constituent les rayons cosmiques.

Nous avons récemment prouvé que les phénomènes suivant l'activité solaire (aurores polaires, magnétisme, tellurisme, etc.) étaient dus aux jets coronaux déliés issus des facules et constituant la couronne équatoriale externe. Les phénomènes presque constants, ne suivant qu'insensiblement l'activité solaire, comme la lumière zodiacale et les rayons cosmiques, doivent être rapportés à la couronne équatoriale interne. Les mesures photométriques de l'intensité globale de la couronne durant les éclipses montrent une constance remarquable, indépendante de l'activité solaire. Les jets associés aux facules n'ont donc qu'une faible intensité relative et doivent leur activité sur notre globe, soit à leur densité, soit plutôt à leur énergie, sans doute un peu supérieure à celle des jets élémentaires issus des grains de riz, formant la couronne interne. Les premiers, accidentels, seraient donc susceptibles

(¹) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 997.
(²) *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 348.

de s'approcher plus près des pôles (jusqu'à un rayon terrestre) en pénétrant plus profondément dans l'atmosphère et en y produisant des effets *localement* intenses (aurores polaires). Les seconds, beaucoup plus nombreux et constants, mais plus déviables ne traverseraient l'atmosphère qu'entre 1 et 6,6 rayons terrestres. La source des rayons cosmiques serait ainsi de faible densité, mais d'un très grand volume, tout en étant sensiblement constante et indépendante de l'activité solaire.

CYTOLOGIE. — *Le diagnostic du sexe par la mise en évidence des caractères de sexualisation.* Note [1] de M. **Ph. Joyet-Lavergne**, présentée par M. d'Arsonval.

Les travaux de Guilliermond ont démontré l'existence, chez les Levures, de deux types de sexualité très différents : dans le premier type la conjugaison s'opère à l'origine de l'asque ; dans le deuxième type la conjugaison s'opère à un stade ultérieur, entre les spores. Pour le premier type, le tronçon sexué est prédominant dans le développement ; tandis que, dans le deuxième type, c'est le tronçon asexué qui prédomine [2]. Ainsi se trouvent représentés, dans le groupe des Levures, des modes de sexualité qui correspondent à la différence fondamentale séparant les Muscinées des Cryptogames vasculaires.

Nos recherches sur les Levures à conjugaison isogamique portent sur une espèce de chacun des deux types. Les espèces choisies ont une isogamie parfaite : les cellules qui se conjuguent ne présentent entre elles aucune différence de taille, de motilité, ni d'évolution nucléaire, permettant de distinguer le sexe masculin du sexe féminin. Pour des raisons que nous avons exposées ailleurs [3], nous pensons que les qualités physicochimiques de sexualisation cytoplasmique sont des caractères fondamentaux et primitifs de la sexualité. Il est donc rationnel de supposer que ces caractères peuvent exister là où aucune différence sexuelle d'ordre morphologique ou nucléaire n'apparaît entre les gamètes. Si, effectivement, ils existent, nous pourrons établir le diagnostic du sexe.

Levure du premier type : Schizosaccharomyces octosporus. — Quand on

---

(1) Séance du 18 décembre 1933.

(2) A. Guilliermond, *Rev. gén. Bot.*, 17, 1905, p. 337.

(3) Ph. Joyet-Lavergne, *La Physico-chimie de la sexualité*, 1931.

traite une culture de *S. octosporus*, en période de conjugaison, par le leucodérivé du bleu de Nil, on constate que le réactif pénètre dans les gamètes. Il est soumis, de la part du cytoplasme, à une oxydation qui le transforme en un corps coloré. Le début de la coloration s'effectue au niveau de courtes baguettes qui représentent le chondriome. Dans les cas favorables, on peut distinguer l'existence d'une sexualisation du chondriome : l'un des gamètes présente un ou deux chondriocontes de plus que l'autre et la coloration de ses éléments mitochondriaux est plus rapide, c'est le gamète mâle (¹).

La coloration globale du cytoplasme qui se manifeste dans la suite de la réaction permet un diagnostic plus facile, la différence entre les deux gamètes conjugués étant alors plus nette. L'un des gamètes se colore plus vite et d'une façon plus intense que l'autre, son cytoplasme se trouve coloré en vert foncé tandis que celui de son conjoint est seulement vert clair. Ultérieurement, des taches bleues, indices d'une oxydation plus avancée, apparaissent dans le premier plutôt que dans le second. Conformément à la première loi de sexualisation (²), le premier gamète, dont le pouvoir oxydant cytoplasmique est plus élevé est le gamète mâle, le second est le gamète femelle.

Levure du deuxième type : Saccharomycodes Ludwigii. — Ici, le phénomène de la conjugaison s'effectue entre les spores. Quand on fait agir, sur une culture de *S. Ludwigii* contenant des spores en germination, le leucodérivé du bleu de Nil, ce réactif pénètre dans les spores et le canal de copulation; il subit de la part du cytoplasme une oxydation qui le transforme en un corps coloré. Les diverses étapes de la coloration expriment les progrès de l'oxydation. On constate que, dans le cytoplasme de l'une des spores du couple, la coloration s'effectue d'une façon plus rapide et plus intense que dans le cytoplasme de l'autre. Ainsi, à la phase de la germination, le cytoplasme d'une spore a un pouvoir oxydant plus élevé que celui de l'autre spore du couple. La première spore est du sexe masculin, la deuxième est du sexe féminin (première loi de sexualisation).

Dans certaines cultures de *S. Ludwigii*, on peut, en outre, constater que la différenciation sexuelle est antérieure à la phase de germination. On distingue alors, dans les spores jeunes, le mâle de la femelle, aux caractères de sexualisation du chondriome et à la valeur relative du pouvoir oxydant du cytoplasme.

(¹) Ph. Joyet-Lavergne, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 894.
(²) Ph. Joyet-Lavergne, *C. R. Soc. Biol.*, 111, 1932, p. 588.

Conclusion. — Les constatations faites dans les deux espèces étudiées montrent : 1° que les qualités physico-chimiques sexuelles peuvent permettre d'établir le diagnostic du sexe, là où les données classiques se révèlent insuffisantes; 2° elles font ressortir le caractère *primitif* des qualités de sexualisation cytoplasmique. L'existence de qualités sexuelles physico-chimiques identiques, dans l'un et l'autre des deux grands types de sexualité distingués par Guilliermond, confirme le caractère *général* attribué, pour d'autres raisons ([1]), à la sexualisation cytoplasmique.

PHYSIQUE VÉGÉTALE. — *De l'action des radiations lumineuses et ultraviolettes émises par des lampes spéciales sur la croissance et la reproduction de quelques plantes aquatiques.* Note ([2]) de MM. **W. Besnard** et **P. J. Korda**, présentée par M. L. Mangin.

L'Aquarium du Musée des Colonies est installé dans un sous-sol.

Différents essais ont été essayés pour obtenir un éclairage susceptible d'entretenir, dans les meilleures conditions possibles, la vie des plantes et des animaux.

L'un des essais qui a donné de bons résultats a été d'ajouter une lampe spéciale émettant des radiations jusqu'à $0^{\mu},280$ à deux lampes ordinaires.

Les résultats obtenus ont dépassé nos prévisions et nous avons organisé l'expérience suivante : quatre aquariums identiques de $1^{m} \times 0^{m},50 \times 0^{m},50$, séparés les uns des autres et isolés de la pièce par des rideaux opaques, ont été installés dans un local obscur où l'éclairage a été réalisé à l'aide de lampes indiquées dans le tableau suivant :

Aquariums n^{os}.	Nombre de lampes.	Type de lampes.	Puissance consommée en watts.	Flux lumineux moyen total des lampes nues en lumens.	Éclairement moyen à la surface de l'eau en lux.
1	1	Lampe à spectre voisin du spectre solaire 115 volts 300 watts.	300	5962	3596
2	1	Lampe à incandescence ordinaire 115 volts 300 watts.	300	5161	2804
3	2	Lampes à spectre voisin du spectre solaire 115 volts 60 watts.	120	1714 (pour 2 lampes)	1312
4	2	Lampes à incandescence ordinaire 115 volts 60 watts.	120	1584 (pour 2 lampes)	1112

([1]) *Loc. cit.*

([2]) Séance du 4 décembre 1933.

Les lampes spéciales utilisées sont à spectre voisin du spectre solaire, à filament de tungstène en atmosphère gazeuse, à efficacité lumineuse élevée, en ampoule de verre spécial, perméable à 65 pour 100 des rayons ultraviolets de $0^{\mu},300$ et à 52 pour 100 des rayons ultraviolets de $0^{\mu},290$, émis par le filament, la limite spectrale dans l'ultraviolet émis par ces lampes étant de $0^{\mu},280$.

Il a été planté dans chacun des quatre aquariums :

5 plants de *Sagittaria natans* Mx.

5 plants de *Vallisneria spiralis* L.

5 plants de *Myriophyllus prismatum* Port., de même provenance.

Les plants paraissant avoir plus de vitalité ont été placés dans les aquariums les moins éclairés.

Cinq séries de photographies ont été prises pour enregistrer le développement de l'expérience, une fois l'enracinement des plantes effectué.

Les résultats obtenus après 6 mois d'expériences ont été :

Aquarium 1 (300 watts, lampe spéciale). — Plantes très vertes et vigoureuses. *Sagittaria* : innombrables rejetons par stolons, nombreuses floraisons permanentes, nombreuces feuilles flottantes. *Vallisneria* : nombreuses reproductions par stolons, nombreuses floraisons. *Myriophyllum* : ample et bien fournie, formation, depuis 5 mois, d'algues sur le sol.

Aquarium 2 (300 watts, lampe ordinaire). — Plantes plus jaunes et plus frêles. *Sagittaria* : rejetons produits, environ le quart de la quantité produite dans l'aquarium 1, rares floraisons, pas de feuilles flottantes. *Vallisneria* : assez nombreux rejetons très pâles, rares floraisons. *Myriophyllum* : croissance et formation de branches : la moitié du résultat obtenu dans l'aquarium 1. Faible formation récente d'algues sur le sol.

Aquarium 3 (120 watts, lampes spéciales). — Plantes très vertes, bien formées. *Sagittaria* : assez nombreuses reproductions, 2 feuilles de surface. *Vallisneria* : assez faible développement des feuilles en longueur, quelques floraisons. *Myriophyllum* : très vert, mais relativement allongé et peu fourni en branches. Formation, depuis 5 mois, d'algues sur le sol.

Aquarium 4 (120 watts, lampes ordinaires). — Toutes les plantes meurent lentement. *Sagittaria* : il ne reste que quatre pieds sur les cinq plantés à l'origine, mais l'un d'eux a donné deux faibles rejetons qui s'étiolent. *Vallisneria* : s'étiole; les bouts des feuilles se décomposent. *Myriophyllum* : un pied mort, les quatre qui subsistent ne portent, au bout de la tige, qu'un faible pinceau de feuilles encore vivantes. Aucune formation d'algues.

Les faits suivants ont particulièrement retenu notre attention :

1° Alors que les feuilles flottantes de *Sagittaria natans* ne se forment normalement que si les plantes sont directement éclairées par le soleil, l'aqua-

rium 1 en présente de très nombreuses et l'aquarium 3 en contient quelques-unes, alors qu'il n'y en a aucune dans les aquariums 2 et 4.

2° La floraison est très persistante dans l'aquarium 1.

3° La différence d'état physiologique des plantes est très nette entre l'aquarium 3, insuffisamment éclairé par lampes spéciales, et l'aquarium 4 insuffisamment éclairé par lampes ordinaires.

Vu l'excès de lumière, la différence, quoique formelle, est moins apparente dans les aquariums 1 et 2.

4° Il nous semble qu'un éclairement d'environ 2000 lux à la surface de l'eau, obtenu à l'aide de lampes à spectre analogue au spectre solaire, conviendrait pour l'éclairage de plantes placées dans les conditions de cette expérience.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Les constantes analytiques de l'essence de rose bulgare.* Note (1) de MM. **Robert Garnier** et **Sébastien Sabetay**, présentée par M. M. Delépine.

Malgré les nombreux travaux publiés, on n'a pas encore réussi à établir, pour l'essence de rose, des normes analytiques certaines et universellement admises. Ceci provient notamment : 1° de ce que l'essence de rose ne possède, en dehors des stéaroptènes sans valeur olfactive, aucun constituant connu spécifique; 2° des proportions, très variables, de fleurs rouges et blanches employées à la distillation; 3° des variations considérables que *le terroir*, les *conditions atmosphériques*, le *type d'alambic* employé et la *technique* même, suivant laquelle on opère la distillation, apportent dans les caractéristiques physiques et chimiques et dans la proportion des différents constituants.

Afin d'établir des données certaines, nous avons étudié une série d'échantillons d'essence de rose de pureté certaine, distillés en Bulgarie par l'un de nous. Les faits les plus saillants de cette étude, dont les détails paraîtront ailleurs, sont les suivants :

I. L'alcool éthylique, trouvé pour la première fois par Th. Poleck (2) et T. U. Eckart (3) dans l'essence bulgare, et considéré par la suite comme

(1) Séance du 18 décembre 1933.

(2) T. Poleck, *Ber. deutsch. Chem. Ges.*, 23, 1890, p. 3554.

(3) T. U. Eckart, *Ber. deutsch. Chem. Ges.*, 24, 1891, p. 4205.

une fraude, est un constituant naturel de l'essence. Nous l'avons trouvé dans tous les échantillons analysés. Sa proportion varie suivant les années, le mode de distillation et le système de réfrigération. Sa présence n'est pas due à la distillation de fleurs fermentées : on l'obtient de la distillation de fleurs fraîches. Un essai sur 5000^{kg} de fleurs, en parfait état de fraîcheur, a fourni une quantité d'alcool correspondant à un demi-litre d'alcool pur pour 100^{kg} de fleurs. Une partie de cet alcool passe dans l'essence où on l'y retrouve. Le dosage de l'alcool peut se faire par la méthode de Thorpe. Celle de Zeisel, qui exige 0^{g},5 à 1^{g} d'essence, est particulièrement indiquée, du fait qu'aucun constituant, sauf l'eugénol dont la teneur ne dépasse pas 1 pour 100, ne dégage d'alcoxyle. L'alcool éthylique étant un constituant naturel, on doit rejeter le lavage à l'eau avant l'analyse, préconisé par différents auteurs.

II. La teneur en stéaroptènes est très variable : elle est le plus élevée pour l'essence de Roses blanches, et le plus faible pour l'essence distillée en appareils rotatifs.

III. L'indice d'acide peu élevé a varié de 1,4 à 3,8.

IV. La teneur en produits éthérifiables par formylation, que l'on nomme, pour simplifier, teneur en rhodinol, est bien plus élevée qu'on ne l'admettait jusqu'ici. Comme Glichitch, Ch. et R. Garnier l'ont montré pour les essences distillées en grands alambics, la teneur en rhodinol, par formylation de tous les échantillons distillés et examinés par nous, non seulement cette année, mais au cours d'une étude poursuivie depuis 5 ans, a toujours donné des chiffres supérieurs à 45 pour 100, quelle que soit la méthode de formylation employée. La présence de C^2H^5OH n'a pas d'influence sur les résultats de la formylation et de l'acétylation. L'alcool éthylique n'est pas formylé. Il se laisse acétyler, mais l'acétate d'éthyle passe dans les saumures de lavages.

V. La forte déviation optique et la forte teneur en rhodinol semblent caractéristiques d'une bonne essence bulgare, sans présenter toutefois de relation proportionnelle.

VI. La portion vraiment importante et caractéristique au point de vue olfactif est constituée par une fraction très petite que l'on recueille au début de la distillation fractionnée, entre l'alcool et la fraction géraniol-rhodinol. Elle présente une forte déviation optique, supérieure à celle du rhodinol pur. Nous en poursuivons l'étude.

VII. Un composant qui n'a pas encore été signalé, semble être un sesquiterpène azulénogène, apparenté au sesquiterpène de l'essence de

Géranium Bourbon. On le trouve, à la distillation fractionnée, après la fraction géraniol-rhodinol. On peut le déceler au moyen de la réaction au brome chloroformique étudiée par Sabetay [1], qui donne, dans des conditions standard, une coloration verdâtre avec l'essence de Rose pure, bleue intense avec la fraction sesquiterpénique, et bleue avec les essences adultérées par la plupart des agents connus.

VIII. L'analyse d'une essence de Rose reste un problème délicat. Si les fraudes courantes sont faciles à déceler, par contre la découverte des coupages, habilement effectués dans une proportion modérée, au moyen de corps s'apparentant aux constituants de l'essence de rose : géraniol par exemple, exige les soins les plus minutieux, la détermination du plus grand nombre possible de constantes et leur interprétation rationnelle. L'examen olfactif, conjugué avec l'examen physico-chimique, portant notamment sur les premières portions de la distillation fractionnée, et effectué comparativement à une série de types authentiques connus, est indispensable.

	d_{15}^{15}.	n_D^{20}.	α (1dm).	F.	Stéar. %.	I. E.	I. acétyle.	Alc. tot.	Rhodinol %.	C^2H^5OH %.
			° ′	°						
Essence rotative Kara Sarli 1933.	0,8704	1,4563	—4.14	17	8,8	4,5	249	84,2	56,8	7,2
Essence feu nu Kara Sarli 1933..	0,863	1,4585	—4	20	17,8	8,1	218	71,7	53,7	3,6
Essence vapeur Karlovo 1933....	0,875	1,4582	—2.40	17	7,3	6,8	239	80	52	7,7
Essence feu nu Klissoura 1933...	0,8650	1,4630	—3.48	17,5	16	17,5	228	75,6	46	1,4
Essence feu nu Pavelbanya 1933.	0,8618	1,4561	—3.37	17,5	14,5	13,6	232	77,2	60,9	4,1
Essence rotative 1932 (tête de distillation)................	0,8707	1,4511	—3.30	14	4,2	8,9	251	85	58,8	12
Essence rotative 1932 (queues de distillation)................	0,8834	1,4667	—2.48	6	1,2	9,4	269	92,8	57,3	1,5
Essence rotative 1931..........	0,8742	1,4621	—3.39	16,5	8,9	15,2	238	79,7	46,7	4,9
Essence paysanne Vétren 1931...	0,8700	1,4639	—2.2	21,5	19,9	11,8	216	70,9	44,7	1,6

Facteurs de correction : $d = 0{,}0008$ par o; $n_D = 0{,}00045$ par o; Alc. tot. calculé en géraniol.

C^2H^5OH : méthoxyle + éthanol + peut-être méthanol, calculés en éthanol.

α exprimé en minutes sexagésimales.

---

[1] S. Sabetay, *Annales de Chimie analytique*, **15**, 1933, p. 194.

GÉNÉTIQUE. — *Étude caryologique de types* durum *apparus dans le croisement* Triticum vulgare *var.* alborubrum × T. vulgare *var.* oasicolum. Note (¹) de MM. **E. Miège** et **M. Simonet**, présentée par M. L. Blaringhem.

L'un de nous a signalé (²), dans la descendance d'un croisement entre deux *Triticum vulgare* H., l'apparition, non encore observée, mais confirmée depuis (³), de formes *durum* typiques, apparues à la F. 3.

Les géniteurs, quoique appartenant tous deux à l'espèce *T. vulgare* H. (var. *alborubrum* — Indian Pearl ♀ et var. *oasicolum* — Extrême-Sud Algérien ♂) étaient morphologiquement assez différents, mais possédaient néanmoins la même formule chromosomique $2n = 42$.

Ce croisement, effectué en 1921, donna 11 grains normaux, qui fournirent une F. 1 hétérogène, non intermédiaire entre les parents, et présentant, dans certaines plantes (nos 5, 6, 8 et 9), des glumes à carène très saillante.

La F. 2 (1923), composée de 112 lignées, montra déjà quelques formes speltoïdes (souches 4 et 9) et une durelloïde accompagnée, dans la même souche (6), d'individus à glumes très adhérentes au rachis.

En F. 3 (1924), on constate la présence de trois *T. durum* Desf. nets et de quatre durelloïdes — dont l'un avec les arêtes coudées du *T. vulgare oasicolum* (souche 6) — ainsi que la persistance des formes speltoïdes, dont une se rapproche du type *Saharense*.

En F. 4, de nouvelles formes apparaissent, le nombre des *durum* passe à onze (dont un à arêtes coudées), celui des *vulgare oasicolum* s'élève de deux à dix, et celui des durelloïdes, de quatre à sept; en même temps, un *Spelta* vrai se révèle parmi les speltoïdes persistants.

En F. 5 (1926) le nombre des *vulgare* diminue pour faire place à de nouveaux *durum* (57), à des *vulgare oasicolum* (13) et à des *Spelta* (³), ainsi qu'à des formes intermédiaires entre ces trois espèces.

Mais c'est en F. 6 (1927) et en F. 7 (1928) qu'on observe la plus grande diversité; les 439 lignées étudiées se répartissent, en effet, en quinze types bien distincts (dont 7 nouveaux) :

(¹) Séance du 18 décembre 1933.

(²) E. Miège, *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 1096-1098.

(³) A. Dusseau, *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 1380-1382.

1° intermédiaires entre *Triticum durum* et *T. dicoccum*;
2° intermédiaires entre *T. vulgare* et *T. Sphærococcum*;
3° intermédiaires entre *T. vulgare-T. vulgare oasicolum* et *T. Spelta*;
4° *inflatum* à caractères de *T. vulgare* dominants 1 et 2;
5° *inflatum* à caractères de *T. vulgare oasicolum* dominants 1 et 2;
6° *inflatum* à caractères de *T. durum* dominants 1 et 2;
7° intermédiaires entre *T. Spelta* et *T. turgidum*.

En F.8 (1929) le caractère *inflatum* qui s'est accentué dans les lignées *vulgare* et *oasicolum* apparaît dans quelques *Spelta* et *Spelto-durum;* mais tend à disparaître dans les *durum*. On constate, en outre, la présence dans un *oasicolum inflatum* d'une lignée à fleurs polycarpiques (1).

A partir de cette époque, on n'observe plus de nouvelles variations et de nombreuses lignées, appartenant à tous les groupes, semblent fixées.

Ce n'est qu'en 1931 (F.10) et en 1932 (F.11) que nous avons pu entreprendre l'étude caryologique d'une quinzaine de ces lignées, qui descendent toutes des formes durelloïdes apparues en F.3, dans la descendance de la souche 6, restée jusqu'alors *vulgare*. Elles comprennent du point de vue morphologique :

1. 1 *T. vulgare* (n° 1462);
2. 1 *T. vulgare oasicolum* à fleurs polycarpiques (HF 152-2-*a*-1);
3. 3 *Spelta-oasicolum* = (H 1-19-*d*-2-H 1.21-A-1 et HF80-1 *b*);
4. 1 *T. vulgare oasicolum inflatum* (H 1.28-A);
5. 1 *Spelta-durum* avec quelques caractères *oasicolum* (HF 3-1-E-1);
6. 4 *T. durum* types (nos 1288, 1290, 1291 et 1606);
7. 3 durelloïdes (nos 1484, 1683 et 1687);
8. 1 *T. dicoccum* (n° 2196);

dont l'examen a donné les résultats suivants :

Comme il était à prévoir, le n° 1 (*T. vulgare* à faciès un peu spécial), répond à la formule chromosomique $2n = 42$, de même que les nos 2 (*T. vulgare oasicolum*) et 3 (*Spelta-oasicolum*); 4 (*vulgare oasicolum inflatum*) et 5 (*Spelto-durum* avec quelques caractères *oasicolum*) montrent une structure analogue, mais le premier présente quelques monovalents à la métaphase hétérotypique. D'autre part, les nos 6 (*durum* types), 7 (durelloïdes) et 8 (*dicoccum*) répondent à la formule $2n = 28$, du groupe auquel ils correspondent.

Ces faits montrent que, du point de vue cytologique : *a*, les types *oasi-*

(1) E. Miège, *Verhand. des V. Internat. Kongr. Vererb. Wiss.*, Berlin, **2**, 1928, p. 1118-1121; *Comptes rendus*, **187**, 1928, p. 252-253; **192**, 1931, p. 1482-1485.

colum et *inflatum* (malgré leurs particularités morphologiques et biologiques) ne se distinguent en rien de *T. vulgare* et de *T. Spelta*; *b*, qu'en dépit de leur origine génétique très particulière, les *durum* et *dicoccum*, issus du croisement intraspécifique *vulgare*, possèdent intégralement la structure caryologique du type auquel ils correspondent; *c*, que les formes intermédiaires entre les deux groupes à $n = 14$ et $n = 21$ (*durelloïdes* et *Spelto-durum-oasicolum*) ne présentent actuellement aucune aberration chromosomique et possèdent, soit la formule des *vulgare* à $2n = 42$, soit la formule des *durum* à $2n = 28$.

Ces constatations (qui comme nous l'avons dit) n'ont pu être faites que sur les dernières générations permettent de supposer que les formes à $n = 14$ ont eu pour origine la présence, puis l'élimination de chromosomes monovalents pendant les divisions réductionnelles; l'existence d'éléments univalents ayant été constatée par R. Thompson et T. Robertson (¹) chez les hybrides interspécifiques obtenus dans chacun des groupes *vulgare* et *durum*. Au cours des générations successives les arrangements chromosomiques ont été si complets, qu'actuellement (F. 11) il n'existe que des types caryologiques fixés; les uns sont restés des *vulgare*, les autres, par convergence, sont retournés vers des formes ancestrales du type *durum* à $n = 14$, la plupart des généticistes étant d'accord pour reconnaître que les *T. vulgare* et *durum* sont des hybrides complexes, alloploïdes, stabilisés.

CYTOLOGIE SANGUINE. — *Étude morphologique du sang périphérique chez le Lapin intoxiqué expérimentalement; la mégamononucléose*. Note (²) de MM. **S. Nicolau**, **P. Poincloux**, **L. Kopciowska** et **G. Balmus**, présentée par M. F. Mesnil.

Nous avons étudié chez le Lapin les modifications morphologiques produites dans le sang périphérique par diverses intoxications expérimentales. Vingt Lapins ont été intoxiqués : 3, par injections intraveineuses, répétées, à dose prudemment croissante de 0g,001 à 0g005 par kilogramme d'animal, de *toxine desséchée de vibrion septique*; 5 Lapins, par le *venin de Cobra*, en injections sous-cutanées répétées, à doses progressives de 1/8e à 6/8e mg de venin par kilogramme; 4 Lapins par le *cyanure de mercure*, injecté dans les

(¹) *Cytologia*, t. 1, 1930, p. 252-262.
(²) Séance du 18 décembre 1933.

veines à plusieurs reprises, à dose de $0^g,001$ par kilogramme; 3 Lapins par le *iodo-bismuthate de quinine*, en injections intraveineuses répétées, de $0^g,005$ de produit par kilogramme; 3 Lapins par la *chloralose*, en injections intraveineuses de $0^g,08$ par kilogramme; enfin 2 Lapins par la *percaïne*, à raison de $0^g,003$ par kilogramme, dose répartie en 40 piqûres intramusculaires le long de la colonne vertébrale. Sauf pour les deux derniers produits (chloralose et percaïne), les injections ont été pratiquées chez nos Lapins en moyenne deux fois par semaine, pendant 3-4 semaines.

Les animaux ont été examinés pendant plus de deux mois. Avec leur sang on a établi 325 formules leucocytaires, 160 numérations de globules blancs et 45 numérations d'hématies. Nous avons toujours noté un accroissement important de grands mononucléaires, les uns typiques, beaucoup à protoplasma assez basophile (coloration au May-Grünwald-Giemsa lent) et bourré de fines granulations azurophiles; beaucoup aussi à noyaux très déchiquetés ou très lobés, tendant vers la forme de Rieder; quelques-uns, enfin, à noyaux annelés, en *bouées de sauvetage*. Souvent ces éléments présentent des altérations pathologiques. Parallèlement, nous avons constaté la présence, en nombre moindre mais cependant assez élevé, de cellules monocytaires jeunes, à cytoplasme relativement peu abondant, plus ou moins basophile et habituellement dépourvu de granulations; le noyau est sphérique pour les plus typiques d'entre elles, la chromatine est lâche et moins colorée que dans les lymphocytes et les mésolymphocytes; la dimension de ces cellules est inégale, mais toujours supérieure à celle des plus volumineux mésolymphocytes; nous les englobons sous la dénomination générale de cellules primordiales. Comme des formes intermédiaires multiples existent, dans le sang de nos animaux en cours d'intoxication, entre les primordiales les plus typiques et les grands mononucléaires classiques, la présence des unes et des autres nous a paru dépendante et nous les avons comptés ensemble sous le nom de *mégamononucléaires*.

En outre, nous avons ajouté à cette catégorie de *mégamononucléaires* les rares cellules de Rieder que nous avons rencontrées, ainsi que les cellules de Türck; les premières sont toujours absentes dans le sang des animaux neufs, les secondes très rares. Nous appelons donc *mégamononucléose* cette réaction leucocytaire qui consiste en la multiplication des grands mononucléaires et des cellules de Türck, et en l'apparition en nombre plus ou moins important de cellules primordiales et de cellules de Rieder. Cette mégamononucléose, dont la valeur normale chez les Lapins neufs est inférieure à 4 pour 100 (61 formules leucocytaires établies à partir de 45 Lapins

neufs), est généralement parallèle dans son intensité à l'intensité même de l'intoxication. Elle est nette même pour une intoxication peu intense; sa valeur triple, par exemple, après injection unique de chloralose, à dose anesthésiante; elle double à la suite d'injection intramusculaire de percaïne à dose suffisante pour insensibiliser les trois quarts postérieurs du corps du Lapin. Pour des intoxications plus profondes (venin de Cobra, cyanure de Hg, toxine du vibrion septique), elle atteint des valeurs plus élevées, sextuplant ou même décuplant son taux initial. Quand cesse l'intoxication, le retour de la mégamononucléose à la normale se fait lentement, de 18 à 30 jours environ.

La mégamononucléose est le signe leucocytaire constant et principal des intoxications, comme la polynucléose est celui des infections aiguës bactériennes, l'éosinophilie celui des infestations helminthiques, la lymphocytose celui de certaines infections chroniques (1).

Ajoutons encore les constatations suivantes : les intoxications expérimentales du Lapin engendrent en général une hyperleucocytose (14000 — 18000); elles ne provoquent ni polynucléose, ni lymphocytose, mais développent des poussées irrégulières et inconstantes, parfois intenses, de polynucléaires basophiles; en outre, elles font apparaître dans le sang périphérique des hématies nucléées, des myélocytes, des leucocytes non granuleux *binucléés*, issus de la division amitotique des monocytes ou des cellules lymphocytaires.

PHYSIOLOGIE. — *Le lait de vache est-il un aliment équilibré pour tous les mammifères.* Note (2) de M. **Raymond Jacquot**, présentée par M. d'Arsonval.

La composition du lait chez les mammifères varie dans des limites très étendues : le lait de lapine contient 104g de protides et 25g de cendres par litre, alors que le lait de femme renferme 16g de protides et 2g de cendres pour 1000 (Bunge) (3). Nous nous sommes demandé si, donné en quantité

(1) Quelques examens de sang faits chez des hommes en état d'intoxication (convalescent de tétanos, intoxication par trichocéphale; plusieurs cas de gangrène des extrémités d'origine diabétique) nous permettent d'affirmer que, chez l'homme, comme chez le Lapin, l'intoxication se traduit par la mégamononucléose.

(2) Séance du 18 décembre 1933.

(3) *Cours de Chimie biologique et pathologique.* Carré, Paris, 1891.

suffisante pour couvrir très largement besoins énergétiques et besoins azotés, un lait quelconque était capable de permettre la croissance de tous les mammifères. Nous nous sommes adressé au lait de vache et l'avons expérimenté sur quatre espèces animales.

Technique. — Nous suivons le métabolisme azoté, témoin de la croissance. Journellement, nous dosons N des ingesta et N des excreta. La différence « N ingéré-N fécal » nous renseigne sur la digestion des protides et exprime N absorbé. Cette quantité, diminuée de N urinaire, nous donne N retenu. C'est cette rétention azotée qui traduit véritablement la croissance. On exprime l'importance relative de ces faits à l'aide de deux coefficients :

Coefficient brut d'utilisation digestive : N absorbé/N ingéré $\times$ 100;
Coefficient de rétention : N retenu/N absorbé $\times$ 100.

Parallèlement au métabolisme azoté, nous suivons l'utilisation du lactose par dosage de ce sucre dans l'urine.

Cas du veau et du porc. — Comme il est tout naturel, le lait assure la croissance des veaux. Deux jeunes veaux (50^{kg}) non sevrés présentent au cours de l'expérience un coefficient moyen d'utilisation digestive de 92 et un coefficient moyen de rétention de 60 à 70. Même chez ces animaux, alimentés au lait de leur propre espèce, de la lactosurie se manifeste très rapidement : le veau n° 2 présente au bout de 3 jours une excrétion de sucre variant de 15^g à 8^g par 24 heures. Pareillement, le porc utilise les protides du lait pour sa croissance. L'un de nos animaux a été suivi pendant une période de 50 jours. Le coefficient d'utilisation digestive est très élevé, de 96 à 98. Il se maintient constant au cours de l'expérience. Par contre, le coefficient de rétention baisse régulièrement et tombe de 44 à 19, alors que l'animal passe de 30 à 54^{kg}. Un autre animal, pesant 50^{kg} au moment de sa mise en cage, présente une rétention azotée du même ordre, son coefficient oscille autour de 20. Ces faits confirment les travaux de Fingerling [1], qui mettent en lumière la chute de la rétention azotée avec le progrès de l'âge. Nous trouvons chez le porc une lactosurie considérable : pendant 8 jours un de nos animaux urine une moyenne de 49^g de sucre par 24 heures.

Cas du rat. — Deux rats adultes, mis au régime lacté, présentent un coefficient d'utilisation digestive plus bas que précédemment, mais encore très élevé, de 80 à 90. Par contre, aucune rétention azotée ne se manifeste : le bilan oscille autour de 0, il est plus souvent négatif que positif. Cet état

(1) *Landw. Versuchsstationen*, 74, 1911, p. 57-80.

de choses se traduit par des chutes de poids suivies de remontées. Le lait de vache semble incapable d'assurer la croissance de ces animaux; il peut au plus couvrir les dépenses d'entretien. Bunge a montré qu'un lait est d'autant plus riche en cendres que la croissance de l'animal est plus rapide. Or le rat nouveau-né double son poids en 2 ou 3 jours. Il semble donc que la ration de lait de vache, calculée pour couvrir largement les besoins, est trop pauvre en sels (chaux et acide phosphorique) pour assurer la croissance du rat. En plus, on connaît la carence du lait en fer ($0^{g},002$ par litre) et l'on sait que les réserves du nouveau-né sont vite épuisées et qu'un mammifère a besoin d'un apport de fer pour poursuivre sa croissance. D'autre part le lait de vache est beaucoup plus pauvre en lactalbumine, source de lysine, que les autres laits.

Cas du hérisson. — Deux animaux mis en cage et au régime lacté sont morts en une semaine. Si le lait de vache se montre de facile digestion (coeff. 90), il est par contre mal utilisé. Les hérissons sont en véritable inanition protéique. Ils vivent sur leurs propres protides et leur perte d'azote est considérable : pour une ingestion journalière de 735^{mg}, ils rejettent en moyenne 800^{mg} d'azote. A cette inanition protéique s'ajoute une inanition glucidique. Plus de la moitié du lactose ingéré se retrouve dans l'urine. Il se produit en conséquence une chute de poids considérable : un hérisson de 700^{g} perd 150^{g} en 12 jours et meurt. Encore faudrait-il défalquer le poids des piquants, carapace inerte.

En conclusion, le lait de vache est un aliment de bonne utilisation digestive, meilleure chez les gros animaux.

Il assure la croissance de certains mammifères (veau, porc), l'entretien d'autres (rat), et se montre inapte à permettre la survie d'un troisième (hérisson). Nous attribuons ces faits, d'une part à la différence de vitesse de croissance des animaux expérimentés, d'autre part à a p auvreté relative du lait de vache en chaux et acide phosphorique, en fer, en lysine.

Le lactose est un glucide d'utilisatiou médiocre. La lactosurie se manifeste même chez des animaux alimentés au lait de leur espèce (veau). Elle peut, chez d'autres, devenir si considérable qu'elle entraîne la mort.

PHYSIOLOGIE. — *Expériences d'anaphylaxie par voie aérienne.* Note [1] de M. A. Trillat, présentée par Charles Richet.

Les travaux que j'ai publiés sur la transmission des maladies par voie aérienne [2] ont montré que les animaux plongés pendant quelques minutes seulement dans l'air renfermant en suspension des doses infinitésimales de germes pathogènes virulents [3] ou atténués [4] à l'état de gouttelettes, étaient infectés ou vaccinés. Tous ces exemples montrent l'efficacité de la méthode par une voie aérienne, quand il s'agit d'étudier l'action sur l'organisme de substances inhalées à l'état de gouttelettes de dimensions infinitésimales. J'ai expliqué ailleurs le mécanisme de cette action qui repose sur les propriétés physiques et biologiques de ces gouttelettes [5].

Je me suis demandé si l'anaphylaxie pouvait être aussi transmise par voie aérienne : la présente Note résume les résultats obtenus sur le sujet.

Je me suis adressé, pour mes essais, au cobaye qui est l'animal de choix pour les études sur l'anaphylaxie, et, comme substance anaphylactique, au sérum frais de cheval. Je me suis conformé pour la conduite de ces expériences aux prescriptions de Ch. Richet et à celles de Rosenau et Anderson.

Le mode opératoire suivi, très simple, a consisté à placer les cobayes pendant 1 à 20 minutes dans un récipient en verre d'une contenance de 50^{l} et dans lequel on avait pulvérisé quelques centimètres cubes de sérum frais de cheval. Avant d'y introduire les cobayes, on avait soin de laisser tomber les gouttelettes visibles de façon que l'air ne renfermât que des gouttelettes échappant momentanément par leur petitesse, à l'action de la pesanteur. Après une période d'incubation qui a varié de 16 jours à 33 jours, les cobayes sensibilisés étaient retirés et soumis à la dose déchaînante.

A cet effet, les animaux déjà sensibilisés étaient divisés en deux lots correspondant à deux genres d'observations différentes. Le premier lot de cobayes était injecté dans la veine avec une proportion de sérum qui ne dépassait pas 1$^{cm^3}$. Le deuxième lot était replacé dans le cylindre renfer-

---

(1) Séance du 18 décembre 1933.

(2) *Comptes rendus*, **173**, 1921, p. 109.

(3) *Comptes rendus*, **170**, 1920, p. 1529.

(4) *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 321.

(5) *Comptes rendus*, **176**, 1923, p. 144.

mant le sérum pulvérisé, selon les mêmes conditions que dans la première inhalation.

Les résultats d'une première série d'essais dans lesquels l'intervalle d'incubation entre la dose préparante et la dose déchaînante avait été de 18 jours furent négatifs. En prolongeant la durée d'incubation, les résultats furent positifs, comme le montrent les deux tableaux suivants que je donne à titre d'exemple.

Je suis arrivé à donner un ordre de grandeur approximatif des doses, en faisant intervenir comme élément de calcul : le volume de la cloche, le poids du sérum restant à l'état de vapeur en suspension dans le récipient (environ 1 pour 100 du poids de sérum pulvérisé), le nombre d'inspirations par minute et la capacité pulmonaire de l'animal.

I. — *Dose préparante : par inhalation. Dose déchaînante : par injection.*

	Durée de l'inhalation.	Doses approximatives de sérum inspiré.	Durée d'incubation.	Doses déchaînantes.	Anaphylaxie.
		g		cm³	
I.	1 minute..........	0,0005	33 jours	1	0
II.	5 minutes.........	0,0025	20 »	1	choc mortel en 1′
III.	10 »	0,005	20 »	0,5	» 1′5″
IV.	20 »	0,01	20 »	1	» 2′

Immédiatement après l'injection les animaux présentaient les signes caractéristiques de l'anaphylaxie mortelle : mouvements de déglutition, spasme, soubresauts, etc.

II. — *Les deux doses préparantes et déchaînantes : par inhalation.*

Durée de l'inhalation.	Doses approximatives de sérum inspiré.	Durée d'incubation.	Doses déchaînantes.	Anaphylaxie.
	g			
1 minute..........	0,0005	33 jours	(*)	?
5 minutes.........	0,0025	»	»	manifestations caractéristiques
10 »	0,005	»	»	manifestations caractéristiques
29 »	0,01	»	»	manifestations caractéristiques

(*) Les animaux sont plongés dans un air renfermant 0g,0005 de sérum.

Dès les premières inspirations, les cobayes présentaient les manifestations caractéristiques de l'anaphylaxie indiquées plus haut, mais ils ne mouraient pas.

Conclusions. — L'anaphylaxie par voie aérienne se produit facilement chez le cobaye : avec choc anaphylactique *mortel*, quand la dose déchaînante est administrée par injection intraveineuse; avec choc *non mortel* dans le cas de l'inhalation.

Le fait que l'anaphylaxie peut être obtenue par inspiration d'un air renfermant en suspension des doses extraordinairement faibles de substances anaphylactiques permet peut-être d'expliquer par analogie certaines manifestations anaphylactiques observées chez l'homme.

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Influence inhibitrice du radium sur la croissance des radicelles de* Lens esculenta : *dose empêchante minima et temps d'irradiation.* Note [1] de MM. **A.** et **R. Sartory, J. Meyer** et **Ernst.**

Au cours de nos travaux concernant l'influence du radium sur la cellule végétale, il nous a semblé nécessaire afin de sauvegarder des conditions expérimentales rigoureuses, de tenir compte des facteurs suivants : on opère tout d'abord en employant des semences de différentes plantes; par la suite nous utilisons uniquement des graines de lentille étant donné la facilité de leur culture, l'homogénéité des résultats obtenus dans nos premières expériences. Ces graines, gonflées à la température toujours constante de $+27^{\circ}$ à l'obscurité, devaient nous donner des radicelles de 6 à 8^{mm} de longueur pour être employées. L'irradiation est effectuée sur un grand nombre de radicelles afin d'éliminer les variations de réaction individuelle. On se sert de tubes de radium de 37,5 ou de 75 microcuries, filtrés au moyen de 1^{mm} de platine et renfermant 5 ou 10^{mg} de radium-élément. Les tubes sont disposés perpendiculairement aux pointes des radicelles, à une distance donnée (contact direct, 5 ou 10^{mm}). Le temps d'irradiation est indiqué pour chaque expérience, ainsi que la surface utilisée.

En employant ces précautions nous avons tout d'abord cherché à déterminer la dose empêchante minima inhibant la croissance des radicelles et produisant leur dépérissement. Pour obtenir cette valeur nécessaire à l'établissement d'un terme de comparaison toujours identique, de nombreuses expériences nous ont montré qu'il fallait réaliser les conditions suivantes qui définissent notre unité de *dose empêchante minima* de croissance, que nous désignons pour simplifier par les lettres D. E. M.

1° Des graines germées et irradiées, plantées dans des tubes de Borrel entre la paroi du verre et une chemise de papier-filtre tenue en place par de la sciure de bois humectée d'eau distillée nous permettent au moyen de mesures au vernier de constater macroscopiquement l'arrêt d'accroissement

[1] Séance du 18 décembre 1933.

des radicelles, lequel pour la D. E. M. doit être réalisé au bout du quatrième jour;

2° A l'aide du même dispositif les graines irradiées ne doivent plus, durant les quinze jours qui suivent l'irradiation, produire aucune radicelle secondaire;

3° Les coupes histologiques pratiquées au moyen de radicelles irradiées, prélevées entre le quatrième et le sixième jour après l'irradiation ne décèlent plus que de très rares mitoses au niveau du tissu de croissance situé sous la coiffe.

Nos expériences nous ont prouvé que pour les graines de *Lens esculenta* la D. E. M. est atteinte pour une irradiation au contact direct au moyen de 7,8 M. C. réalisées en employant 8 tubes de radium de 37,5 microcuries durant 26 heures (surface de 6^{cm^2}). D'autre part la D. E. M. peut être obtenue grâce à 14 tubes de 37,5 microcuries appliqués pendant 24 heures, donnant 12,6 M. C., si l'on irradie à une distance de 10^{mm} (surface de 6^{cm^2}).

Les examens microscopiques effectués dans le but de fixer le nombre des mitoses horaires pour *Lens esculenta* nous ont donné pour les conditions normales et pour la D. E. M. réalisée au moyen de graines gonflées dans l'eau distillée pure, les valeurs que nous exprimons dans le tableau suivant. Après avoir préalablement fixé que le maximum de mitoses pour la plante en étude se produisait à l'état normal entre 11 et 13^h, toutes nos irradiations ont été commencées à 11^h afin d'éviter les erreurs dues à ces facteurs primaires.

Heures.	Courbe normale. Mitoses pour 100.	D. E. M. Contact direct. Mitoses pour 100. Journées. 1re	2^e	3^e	4^e	5^e	D. E. M. 10^{mm} de distance. Mitoses pour 100. Journées. 1re	2^e	3^e	4^e	5^e
8...	5,8		6,2	4	3,2	1,8		2,2	3,3	3,8	2,5
10...	10		6	6	3,5	1,5		3	4,5	3	2,1
12...	18	7,2	6,5	4,8	4,8	0	8,8	6,5	5,8	4,5	0
14...	12,2	10,8	7,3	6,5	3,2	0	8,5	7	5,5	5	0
16...	9,5	6	6,5	3,2	0	0	5,3	5,5	4	0	0
18...	8,6	4,3	4,4	3	1	0	4,8	5,5	3	2,3	0
20...	7,2	2,8	3,2	2,8	0,5	0	4	3,5	3	2	0

De ce tableau nous concluons que les radicelles de lentille irradiées, soit au contact direct, soit à 10^{mm} de distance, présentent des courbes de mitoses sensiblement parallèles, mais déjà après l'irradiation les maxima de la pre-

mière journée restent au-dessous du maximum de la courbe témoin : ainsi le maximum de la courbe témoin est de 18 pour 100; celui de la D. E. M. au contact direct de 10,8 et de la D. E. M. à 10mm de distance, de 11,35. Quant aux maxima des jours suivants ils deviennent de plus en plus bas.

Nos examens ayant porté sur le rapport entre le temps d'irradiation et les doses de radium appliquées nous ont montré que la D. E. M. au contact direct est modifiée comme suit : 7,8 M. C. administrées au moyen de 8 tubes de 37,5 microcuries durant 26 heures réalisent la D. E. M. tandis que 7,8 M. C. administrées au moyen de 54 tubes à 37,5 microcuries durant 3 heures 50 minutes n'aboutissent pas au même but comme on peut le voir par les maxima mitotiques suivants : dans le deuxième cas 13 pour 100 au lieu de 10,7 pour 100; 10 pour 100 au lieu de 7,5 pour 100; 6,5 pour 100 au lieu de 6,07 pour 100; 6 pour 100 au lieu de 3,8 pour 100 et enfin le 5e jour : 5,45 pour 100 au lieu de 0 pour 100. On obtient donc une stérilisation meilleure avec des doses plus faibles agissant pendant des temps plus longs qu'avec les conditions inverses.

De l'ensemble de nos recherches nous pouvons conclure :

1° La courbe normale de mitoses pour *Lens esculenta* atteint son maximum vers midi et les périodes quotidiennes se répètent régulièrement; la courbe est comparable à celle établie par Jüngling et Langendorff pour les graines de fèves mais les maximas sont déplacés vers le matin dans notre cas. Ces constatations nous ont permis de travailler dans des conditions rigoureuses;

2° Les maxima de mitoses très importants dans la première heure qui suit l'irradiation sont dus à la soustraction d'un certain nombre de cellules à l'influence du radium et ne résultent pas d'une excitation du rayonnement;

3° L'effet du radium appliqué par contact direct ou à une distance de 10mm est sensiblement identique à condition de tenir compte du temps et de la surface;

4° Les radicelles irradiées au moyen de la D. E. M. offrent des courbes aux périodes décroissant régulièrement avec des maxima de plus en plus bas; ces maxima subissent un déplacement vers le soir;

5° L'étalement de la dose de radium dans le temps n'a pas pour effet de diminuer l'intensité de la réaction biologique qu'il produit sur l'organisme végétal.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur le phototropisme des Daphnies. Lois du mouvement tropistique positif.* Note [1] de M. G. **Viaud**, présentée par M. F. Mesnil.

Dans une Note antérieure [2], nous avons insisté sur l'intérêt de la notion de centre de gravité de la masse numérique d'une population pour l'étude quantitative de son phototropisme.

Nous avons été amené depuis à déterminer les déplacements successifs de ce centre de gravité, à partir d'une origine, à des intervalles de temps relativement courts, chez *Daphnia pulex* (animaux positifs seulement). Les repérages ont été faits à l'aide de photographies instantanées. Les animaux étaient soumis à l'action d'un champ lumineux d'intensité sensiblement égale en tous ses points.

Les résultats obtenus sont représentés par les graphiques ci-après. Nous y constatons (courbe I) :

1° Que la première partie de cette courbe (jusqu'en A) est un arc de parabole; au début du mouvement tropistique, les espaces parcourus sont donc porportionnels aux carrés des temps;

2° Que la vitesse s'uniformise peu à peu; la fonction, de parabolique, devient sensiblement linéaire (de A en B);

3° Puis la vitesse s'annule progressivement; la population de Daphnies rencontre la paroi de verre (côté lumière) du récipient;

4° Mais elle n'y reste pas; le déplacement du centre de gravité devient alors négatif (de C en D) et, au cours d'une série d'oscillations amorties autour d'une position moyenne (de D en E), un équilibre s'établit, qui doit durer jusqu'à ce que les conditions tropistiques se modifient (nous l'avons trouvé sans changement pendant 2 heures);

5° Les mêmes phénomènes ont lieu, avec moins de rapidité, et après un certain temps d'adaptation (de zéro à α), dans le cas où les Daphnies, maintenues auparavant plusieurs heures à l'obscurité, s'adaptent à la lumière avant de subir son action tropistique (courbe II).

Essayons de donner une représentation mécanique du phénomène. Au début, et pendant toute la partie ascendante de la courbe, tout se passe

---

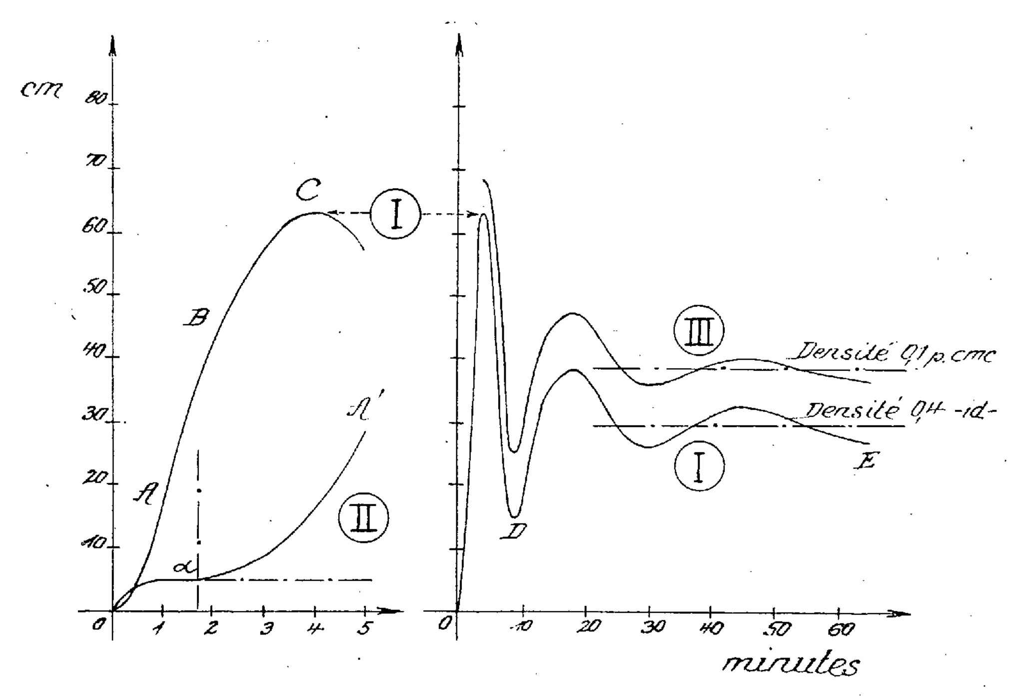
(1) Séance du 18 décembre 1933.

(2) *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 496.

comme si l'on avait affaire à une masse mécanique, plongée dans un fluide et sollicitée par une force constante.

Si donc l'on accepte l'assimilation de la masse numérique d'une population de Daphnies à une masse mécanique, on est amené à concevoir que l'inertie physiologique de cette population vis-à-vis de l'action de la lumière est comparable à l'inertie mécanique d'une masse, et que l'attraction tropistique qui s'y manifeste est de tous points assimilable à une force physique.

Pour rendre compte de la suite du phénomène, on serait tenté de penser



que tout se passe comme si la masse mécanique rencontrait au bout d'un certain parcours un heurtoir élastique; prise dans l'égalité de l'action et de la réaction, elle finirait par s'immobiliser après une série d'oscillations amorties.

Certes, il existe bien une force comparable à une force de ressort et capable de restituer, après la compression de la population, à celle-ci, une partie de sa force vive : c'est une force proportionnelle à la densité de la population. Le centre de gravité s'immobilise en effet d'autant plus loin de l'origine (courbes I et III) que le nombre d'individus positifs mis en expérience dans un même volume d'eau est plus faible. Nous croyons pouvoir

appeler cette force en la ramenant à ses conditions élémentaires : *force de répulsion individuelle*, sans préciser davantage, pour l'instant, sa nature.

Mais cette force ne crée pas les oscillations observées, car celles-ci se produisent quelle que soit la densité de la population, et même si la population n'est pas attirée jusqu'au bout du récipient (cas de phototropisme faible).

Nous sommes ainsi conduit à admettre que la force d'attraction ne reste pas constante, qu'elle décroît jusqu'à zéro, devient périodique et alterne avec une force de répulsion, et que les valeurs absolues des maxima de ces deux forces décroissent suivant une loi parabolique, tandis que la durée de leurs actions augmente proportionnellement au temps.

C'est cette périodicité qui détermine la position d'équilibre. Elle peut être rapportée, suivant la théorie photochimique, à une périodicité dans la résultante de la vitesse de sécrétion et de la vitesse de destruction des masses photosensibles.

En définitive, ces observations montrent : 1° que l'on peut admettre, dans le déterminisme des mouvements d'une population sous l'influence de la lumière, le concept d'une attraction n'ayant que les caractères d'une force mécanique, et 2° que ce concept peut nous amener à représenter le mouvement tropistique à l'aide des équations de la cinématique.

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Étude d'une population de Drosophiles en équilibre*. Note (1) de MM. **Ph. L'Héritier** et **Georges Teissier**, présentée par M. M. Caullery.

De nombreuses expériences, faites sur des Drosophiles, ont permis à Pearl et à ses collaborateurs (2) d'analyser avec précision certains des facteurs qui interviennent dans la croissance des populations. Mais il ne semble pas qu'on ait jamais réussi, avec ce matériel, à conserver pendant quelque temps une population dans un état stationnaire. Une technique assez simple, dont le principe consiste à maintenir une constance statistique des conditions d'élevage, nous a permis de conserver en équilibre une population de Drosophiles dont nous avons pu déterminer les caractéristiques démographiques les plus importantes.

---

(1) Séance du 18 décembre 1933.

(2) Cf. R. Pearl, *The Rate of Living* (New-York, 1928); *The growth of populations* (*Q. Rev. Biol*, 2, 1927, p. 532-548).

Les animaux, enfermés dans une cage maintenue à température constante, recevaient chaque jour une même quantité de nourriture contenue dans un godet que l'on retirait au bout de 20 jours, durée normale de deux générations de Drosophiles; la nourriture était d'ailleurs presque complètement épuisée à cette date. Dans une expérience en régime normal, les animaux disposaient ainsi de vingt godets dont les temps de séjour dans la cage s'échelonnaient régulièrement entre 0 et 19 jours. Les recensements ne portaient que sur les imagos et étaient faits par photographie de la population totale préalablement anesthésiée, technique qui permet de déterminer à moins de 50 unités près le nombre total d'individus.

Au début de l'expérience, une dizaine d'animaux sont introduits dans la cage. Vers le dixième jour, les premières imagos de la deuxième génération commencent à éclore et, à partir de ce moment, la population augmente très rapidement; vers le vingtième jour elle est de l'ordre de 2000 ou 3000 individus. Mais, très vite, l'accroissement se ralentit, et, vers le quarantième jour, la population devient stationnaire.

Les chiffres qui vont être donnés ci-dessous se rapportent à une lignée de *Drosophila melanogaster*, type sauvage ([1]). L'expérience, faite en double, a donné les résultats suivants :

	Durée de l'expérience en jours.				
	38.	45.	50.	51.	65.
Nombre d'individus A.....	3200	–	3310	–	3290
Nombre d'individus B.....	3010	3290	–	3270	–

L'équilibre s'établit dans les deux expériences autour du nombre moyen 3290, avec des écarts qui ne dépassent pas les erreurs des mesures. Pour des raisons fortuites, les expériences n'ont pu être prolongées bien longtemps. On remarquera cependant que, dans l'expérience A, l'équilibre a été observé pendant un temps égal à celui qui avait été nécessaire pour passer des 10 individus fondateurs aux 3200 individus d'une population presque stationnaire.

Dans une population en équilibre, telle que celle que nous avons obtenue vers le 45e jour, le nombre des naissances (ici celui des éclosions d'imagos) est nécessairement égal au nombre des décès. Connaissant l'un de ces chiffres et le nombre d'individus composant la population, il est possible de calculer la longévité moyenne. La numération des pupes écloses dans quatre des godets qui avaient contenu la nourriture a donné respective-

([1]) Cette lignée provient du Laboratoire de Génétique d'Iowa State College à Ames (Iowa) où elle est conservée depuis très longtemps.

ment : 143, 141, 141, 138, soit en moyenne 141 éclosions par jour. La longévité moyenne, quotient du nombre d'individus total 3290, par la natalité 141, est de 23,3 jours.

L'étude de la proportion des sexes dans la population en équilibre, déterminée par un dénombrement direct fait en fin d'expérience, a donné, dans les deux cas, 34 pour 100 de mâles et 66 pour 100 de femelles. Cette inégalité peut être due à deux causes : il se peut qu'il éclose beaucoup plus de femelles que de mâles, ou que ceux-ci vivent beaucoup moins longtemps que les femelles. Or, les chiffres publiés jusqu'à présent, bien qu'indiquant un léger avantage en faveur des femelles, tant au point de vue longévité qu'au point de vue natalité, ne suffisent pas à expliquer l'amplitude des phénomènes observés.

Le procédé le plus simple permettant de choisir entre les deux hypothèses envisagées plus haut consiste à déterminer directement la proportion des sexes au moment où les imagos éclosent dans les godets ([1]). Un dénombrement, qui n'a porté que sur 400 individus, a donné 34 pour 100 de mâles contre 66 pour 100 de femelles. Cette proportion est identique à celle qui s'observe dans la population stationnaire où, par conséquent, la longévité ne peut être que fort peu différente dans les deux sexes. Cette disproportion entre les deux sexes n'est pas due à une particularité biologique de notre lignée. Lorsqu'on élève celle-ci dans les conditions usuelles, on trouve des chiffres tout à fait normaux. Dix cultures ayant donné naissance à 2000 individus ont fourni 48,8 pour 100 de mâles pour 51,2 pour 100 de femelles.

Pour interpréter les faits observés, il suffit de noter que, chez la Drosophile, le mâle est plus fragile que la femelle ([2]). Dans nos expériences, la concurrence entre larves nées dans un même godet est extrêmement sévère : il n'arrive à l'état d'imago que 1 à 2 pour 100 des œufs pondus. Il n'est donc pas étonnant que la sélection rigoureuse introduite par nos conditions d'élevage soit à l'avantage des femelles.

Le même processus de sélection naturelle, qui assure le maintien de la population à l'état d'équilibre, a pour conséquence nécessaire une grande prédominance numérique des femelles.

([1]) Les numérations ont été faites sur des godets retirés de cages où était maintenue dans une condition analogue à celle qui vient d'être décrite, une abondante population de Drosophiles de la même lignée.

([2]) Cf. P. L'Héritier, *C. R. Soc. Biol.*, 111, 1932, p. 982.

EMBRYOLOGIE. — *L'intervention de l'œuf dans le dépôt et la constitution des enveloppes tubaires chez les Amphibiens* (Discoglossus pictus *Otth.*). Note [1] de M. **Paul Wintrebert**, présentée par M. Maurice Caullery.

Quelques faits morphologiques, recueillis au moment de la ponte, sont en faveur d'une participation de l'œuf, en phase de maturation, au dépôt des enveloppes dont il s'entoure à son passage dans l'oviducte. L'œuf du Discoglosse convient à cette recherche complexe, parce qu'il ne présente que deux sortes de membranes tubaires et que celles-ci diffèrent par leur aspect et leur constitution [2]. J'examinerai successivement les caractères macroscopiques et microscopiques de l'oviducte et la structure des œufs pondus.

I. Sur le vivant, dans le premier segment de la trompe, qui est sa partie la plus étroite, les œufs cheminent isolément; ils s'y trouvent comprimés, déformés, prennent un aspect ovalaire, en larme, en virgule; la paroi tubaire mince, demi transparente, fait saillie à leur passage et se déprime entre eux. Ils sont plongés dès le début dans un magma épais, gluant et blanchâtre, qui provient du mélange des sécrétions muqueuses et séreuses des glandules monocellulaires épithéliales. Dans le deuxième quart de l'oviducte, les œufs, moins comprimés, se suivent à la file et se touchent, sans être jamais deux de front. A mesure qu'ils descendent, on voit la première membrane se compléter par l'adjonction de feuillets successifs, étroitement superposés. Cette membrane est mince sur tout le pourtour de l'œuf, sauf en face du pôle animal; elle s'y épaissit en un gros bouchon biconvexe, qui refoule, en cuvette, la calotte animale ornée, en son centre, de l'aire germinative. Sa formation n'est complète qu'à la fin de la première moitié de l'oviducte. Dans la seconde moitié, les œufs accolés et tournoyants se revêtent de leur capsule externe, moins compacte, plus claire et plus épaisse que la précédente, d'autant plus molle que ses couches sont déposées plus bas. Les œufs, en contact étroit, collent entre eux, alors qu'ils n'adhéraient pas auparavant; sortis de l'oviducte, ils constituent de petits rubans difficiles à rompre; plus loin, ils forment des chapelets de grains, réunis par un cordon capsulaire étroit et élastique; puis ils cheminent isolés

---

(1) Séance du 18 décembre 1933.

(2) *C. R. Soc. Biol.*, 98, 1928, p. 1521; 99, 1928, p. 1944; 106, 1931, p. 724, fig. 1.

et tombent enfin dans la poche collectrice, à paroi fine et transparente, voisine du cloaque.

Il est évident que de simples considérations mécaniques ne peuvent rendre compte de la formation séparée et de la disposition des deux capsules. Les deux phénomènes les plus dignes d'attention sont les suivants : 1° les œufs plongés, sur presque toute la longueur du conduit, dans un magma sirupeux et blanchâtre, sans structure définie, se revêtent de membranes feuilletées et transparentes; 2° les deux capsules sont beaucoup plus épaisses en face du pôle animal qu'en regard du pôle végétatif et l'on sait, d'autre part ([1]), que l'émission, hors de l'œuf, du liquide de maturation, se produit surtout en cet endroit. L'hypothèse vient donc à l'esprit que l'œuf a une action déterminante sur le dépôt, l'adhérence et la constitution des membranes dont il s'entoure.

II. Dans la moitié antérieure de l'oviducte, les cellules glandulaires sont de deux sortes : 1° muqueuses; 2° séreuses; celles-ci sont : *a*, soit bourrées de très gros grains, rendus polyédriques par pression réciproque; ce sont de beaucoup les plus nombreuses; *b*, soit à demi chargées de grains de volumes divers, plongés dans une substance qui prend la coloration du mucigène; cet aspect se voit surtout à la fin du segment antérieur. La moitié postérieure de l'oviducte ne contient que des cellules muqueuses.

Ainsi, la répartition des cellules séreuses répond exactement à la région de dépôt de la membrane interne pourvue d'un bouchon et la capsule externe se forme plus bas, en leur absence. Tout porte donc à croire que le magma tubaire blanchâtre est le produit de réaction du ferment des grains séreux sur le mucus et que l'œuf agit à son tour sur ce produit par une enzyme contenue dans le liquide de maturation. Celui-ci coagule et dispose les divers feuillets membraneux autour de l'œuf, suivant une épaisseur régionale différente, variable avec la quantité de ferment émise sur son pourtour. La capsule externe résulte de l'action du même ferment ovulaire sur le mucus pur et l'isolement des œufs dans la sécrétion muqueuse, à la fin de l'oviducte, aurait pour cause l'épuisement de ce ferment.

III. L'examen d'un grand nombre de pontes et des caractères singuliers de quelques œufs anormaux vient confirmer ces données : 1° l'aspect, en gourde, des coques normales tient à la plus grande épaisseur des membranes du côté de l'aire germinative, lieu principal d'émission du ferment; 2° les œufs morts dans l'oviducte ont une coque incomplète et n'éclair-

([1]) *C. R. Soc. Biol.*, 105, 1930, p. 273.

cissent qu'imparfaitement leurs enveloppes; 3° certaines femelles évacuent, sans pondre d'œufs, le magma tubaire blanchâtre; 4° quand deux œufs choriaux se trouvent dans la même gaine tubaire, l'épaississement régional de leurs membranes, et spécialement de l'enveloppe interne, est fonction de la position des aires germinatives, qui donnent passage à l'émission de maturation.

La première enveloppe tubaire, ainsi déposée avec le concours de l'œuf, est dissoute aussitôt après la fécondation, par une enzyme du liquide périvitellin (¹). La preuve est donc fournie que les phases ovulaires de maturation et d'épuration correspondent à deux états constitutionnels absolument différents.

GÉNÉTIQUE. — *Sur la constitution génotypique de souris à queue normale issues de parents anoures ou brachyoures.* Note (²) de M. **N. Kobozieff**, présentée par M. M. Caullery.

J'ai montré récemment que des souris à queue longue (N_m), provenant de parents ayant subi des mutations de la queue, peuvent influencer la fréquence d'apparition de mutations caudales dans leur descendance immédiate, dans les croisements avec des souris anoures (A et A_r) : $A \times N_m$ et $A_r \times N_m$ (³).

Les mutations de la queue, chez les ascendants immédiats des N_m, sont de degrés très variés, depuis l'anourie complète jusqu'à une longueur de 65-70^{mm}.

J'ai cherché à savoir, si les souris à queue longue N_m, ne présentent pas entre elles quelques différences génotypiques.

Pour le vérifier, j'ai utilisé des souris normales, les unes provenant de parents ayant présenté l'anourie complète, les autres N_{mbr}, issues de parents anoures à rudiments de queue osseux, ou brachyoures.

Les souris anoures croisées avec ces souris normales étaient, tantôt complètement anoures (A), tantôt anoures à rudiment de queue osseux ne dépassant pas 3^{mm} (A_r).

Nous avons ainsi réalisé quatre types de croisements d'anoures avec des

(¹) *Comptes rendus*, **188**, 1929, p. 99.
(²) Séance du 18 décembre 1933.
(³) Pour les notations voir une Note précédente, *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 1458.

souris normales (voir le tableau) :

1° $A \times N_{ma}$, 2° $A \times N_{mbr}$, 3° $A_r \times N_{ma}$, 4° $A_r \times N_{mbr}$.

Les produits de ces quatre types de croisements ont été reportés en trois groupes, d'après le degré de raccourcissement de la queue : *a*. anoures proprement dits; *b*. formes subanoures et brachyoures à différents degrés (jusqu'à 70^{mm}) (¹) et *c*. souris à queue de longueur normale.

Croisements.	$A \times N_{ma}$.	$A \times N_{mbr}$.	$A_2 \times N_{ma}$.	$A_2 \times N_{mbr}$.
Nombre de progéniteurs N_m	20	19	9	12
Nombre total de descendants	156	130	64	134
Nombre de portées	32	30	11	26
a. Nombre et °/₀ de descendants anoures...	36 (48,7)	15 (21,4)	17 (51,5)	16 (24,6)
b. Nombre et °/₀ de descendants subanoures et brachyoures	38 (51,3)	55 (78,6)	16 (48,5)	49 (75,4)
Total de descendants anormaux	74	70	33	65
c. Nombre de descendants normaux	82	60	31	69

Nous avons calculé le pourcentage de chaque groupe par rapport au nombre total de souris à queue mutée.

Les souris anoures accouplées avec les souris à queue longue étaient les mêmes individus : d'une part, dans les croisements $A \times N_{ma}$ et $A \times N_{mbr}$; d'autre part, dans les croisements $A_r \times N_{ma}$ et $A_r \times N_{mbr}$.

En comparant dans les quatre types de croisement ici réalisés, la fréquence d'apparition de mutations caudales dans la descendance; j'arrive aux constatations suivantes :

1° Le pourcentage d'anoures proprement dits (A) est plus élevé dans le croisement $A \times N_{ma}$ que dans $A \times N_{mbr}$ (48,7 pour 100 et 21,4 pour 100 respectivement);

2° De même, le pourcentage des A est plus élevé également dans les croisements $A_r \times N_{ma}$ que dans les $A_r \times N_{mbr}$ (51,5 pour 100 et 24,6 pour 100 respectivement);

3° Dans les croisements $A \times N_{ma}$ et $A_r \times N_{ma}$, on trouve, au contraire, que le pourcentage des A est presque identique (48,7 pour 100 et 51,5 pour 100 respectivement);

(¹) Nous réunissons ici en un seul groupe les formes subanoures et brachyoures, parce que les unes et les autres, possédant des vertèbres caudales, se comportent génétiquement comme des brachyoures.

4° La fréquence des A est la même également dans les croisements $A \times N_{mbr}$ et $A_r \times N_{mbr}$ (21,4 et 24,6 pour 100).

Ces divers résultats confirment l'hypothèse que les progéniteurs N_m influent sur la fréquence des descendants à queue mutée.

En définitive, étant donné que les souris à queue longue de la souche mutante N_m, croisées entre elles ($N_m \times N_m$), donnent uniquement des descendants à queue longue, on peut conclure que ces N_m, tout en ne manifestant dans leur descendance entre elles aucun raccourcissement de la queue, possèdent néanmoins, en puissance, les divers degrés de brachyourie ou d'anourie et les manifestent à la faveur de croisements avec des anoures.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Action paradoxale du mycélium d'*Aspergillus repens *sur le nitrate d'ammoniaque. Enrichissement du milieu en ammoniaque.* Note [1] de MM. **D. Bach** et **D. Desbordes**, présentée par M. Béhal.

Dans un travail récent [2], nous avons montré qu'en utilisant des voiles solides d'*Aspergillus*, on pouvait facilement mettre en évidence la réduction de l'ion nitrique en ammoniaque. Celle-ci passe dans le milieu extérieur où elle peut être dosée, quand sont réalisées certaines conditions liées à la constante de dissociation de l'ammoniaque et à la concentration en ions hydrogène du milieu de culture.

La dissociation électrolytique de l'ammoniaque en ions $(NH^4)^+$ et $(OH)^-$ commence vers pH = 11 ; elle atteint le taux de 50 pour 100 à pH = 9,37 et devient pratiquement complète à pH = 5,5 environ. Le pH du contenu cellulaire, chez les moisissures, étant généralement compris entre pH = 5,5 et pH = 7, l'ammoniaque issue de la réduction endo-cellulaire de l'acide nitrique prend immédiatement l'état de dissociation réglé par ce pH, c'est-à-dire qu'une partie, faible sans doute, mais réelle, prend la forme non ionisée (NH^4OH), pour laquelle l'ultra-filtre que constitue la membrane est très perméable. Il faut aussi tenir compte de la dissociation hydrolytique des sels ammoniacaux. Si le milieu extérieur est très acide, l'ammoniaque qui y arrive s'y ionise intégralement si bien que l'ammoniaque à l'état moléculaire ne peut jamais y acquérir une tension comparable à celle qui existe dans la cellule, si faible soit-elle (à condition que la réaction du milieu ne varie pas sensiblement pendant l'expérience). De la sorte, en vertu de la loi du déplacement de l'équilibre, toute l'ammoniaque

(1) Séance du 18 décembre 1933.

(2) D. Bach, *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 1463.

produite dans la cellule peut être déversée dans le milieu extérieur, au fur et à mesure de sa formation.

Ces faits se vérifient très nettement avec un milieu renfermant NO^3K. En appliquant ces données au nitrate d'ammoniaque, on peut prévoir un fait très remarquable : le Champignon placé sur une solution de $NO^3(NH^4)$, très acide, absorbera électivement l'acide nitrique, le réduira par ses catalyseurs cellulaires en ammoniaque et rejettera celle-ci dans le milieu extérieur. On verra celui-ci s'enrichir paradoxalement en ammoniaque, bien que sa concentration globale en cette substance soit infiniment plus élevée que celle qui peut exister dans la cellule.

L'expérience vérifie pleinement ces déductions théoriques. Les recherches ont été pratiquées dans les mêmes conditions expérimentales que pour NO^3K. Nous donnons ci-dessous les résultats d'une série d'essais, choisis parmi un grand nombre d'autres analogues. Jusqu'à pH 5,45, la consommation de l'azote nitrique l'emporte sur celle de l'azote ammoniacal, fait maintenant bien connu et que l'un de nous avait mis en évidence l'un des premiers, dans sa Thèse inaugurale [1]. Mais, chose nouvelle, les milieux à pH 1,89, 3,07, 3,77, non seulement n'ont pas présenté de consommation d'azote ammoniacal, mais au contraire se sont enrichis en NH^3 et cet enrichissement (qui n'est pas dû à l'autophagie, nulle en milieu sucré acide) est considérable : elle atteint 5^{mg} à pH 3,07, en 14 heures, c'est-à-dire un septième de l'azote mis en œuvre.

TABLEAU I. — *Action des voiles solides d'*Aspergillus repens *sur* $NO^3(NH^4)$, *contact de 14 heures, à 27°; azote nitrique et ammoniacal initiaux :* 35^{mg}.

pH initial	1,89	3,07	3,77	4,68	5,45	6,85
Poids du mycélium en milligrammes à la fin de l'expérience	211 216	267 246	220 287	318 204	261 264	233 228
Azote nitrique résiduel en milligrammes	31,2 30,7	31,2 31,1	28,1 28,1	26,7 28,6	29,4 30,3	34,2 33,6
Azote ammoniacal résiduel en milligrammes	37,7 38,0	39,6 38,9	36,8 37,0	31,7 31,8	31,6 31,8	32,0 32,7

Si l'on prolonge l'expérience, on voit le milieu extérieur s'alcaliniser progressivement et arriver dans une zone où les conditions de l'équilibre se modifient et permettent à l'ammoniaque de pénétrer à nouveau dans la

(1) D. BACH, *Thèse-Sciences naturelles*, Paris, 1925, p. 120.

cellule. C'est ce que montre notamment l'expérience rapportée dans le tableau ci-dessous et qui est la continuation de l'essai rapporté dans la colonne 1 du Tableau I.

TABLEAU II. — *Action des voiles d'*A. repens *sur le* $NO^3(NH^4)$, pH *initial* 1,89.

Durée du contact en heures	0.	14.	48.	64 ½.	86.	112.
pH final	1,89	2,78	3,41	3,91	5,45	8,13
	1,89	2,65	3,46	4,12	4,99	8,21
Poids du mycélium en milligrammes	0	211	278	388	534	487
	0	216	256	483	507	452
Azote nitrique résiduel en milligrammes	35	31,1	24,9	14,7	10,7	10,1
	35	30,7	22,8	11,2	10,2	10,4
Azote ammoniacal résiduel en milligrammes	35	37,7	39,8	33,0	32,0	31,0
	35	38,0	39,2	31,0	30,3	31,5

Ces faits, pour si intéressants qu'ils soient en eux-mêmes, le sont encore plus par leur portée générale. Ils montrent que les phénomènes d'assimilation ne peuvent être correctement interprétés si l'on néglige l'état physico-chimique des constituants du milieu de culture et du milieu cellulaire.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur l'identification de la vitamine* C *et de ses dérivés présents dans les milieux biologiques.* Note [1] de MM. **N. Bezssonoff** et **A. Delire**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

La vitamine C fut déjà en 1925 [2] sommairement décrite comme étant uniquement composée de carbone, d'hydrogène et d'oxygène, possédant une fonction *o*-diphénolique (diénolique), soluble dans l'acétone, résistante, contrairement aux données de Zilva, à l'action de SH^2, et ayant un poids moléculaire voisin de 200. En 1932, Szent-Gyorgyi établit sa composition exacte : $C^6H^8O^6$, et la dénomma : acide ascorbique. Son action sur le cobaye fut confirmée en 1933, séparément par Mme Randoin et par Micheel et Demoll; enfin sa structure a été établie par Euler (1933), par Micheel (1933) et par Hirtz (1933), La vitamine C ou acide ascorbique serait :

$$H^2COH.HCOH.\underbrace{CH.COH:COH.CO}_{O}$$

(CH et CO terminaux reliés par O)

(1) Séance du 18 décembre 1933.
(2) Bezssonoff, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 970.

Possédant une fonction diénolique, elle se laisse doser, de même que le pyrocatéchol et l'hydroquinol, à l'aide de la réaction bleue de Bezssonoff. Ceci fut prouvé en opérant avec un échantillon gracieusement envoyé par M. Micheel.

Le pouvoir décolorant vis-à-vis des phénolindophénols est un autre caractère de la vitamine.

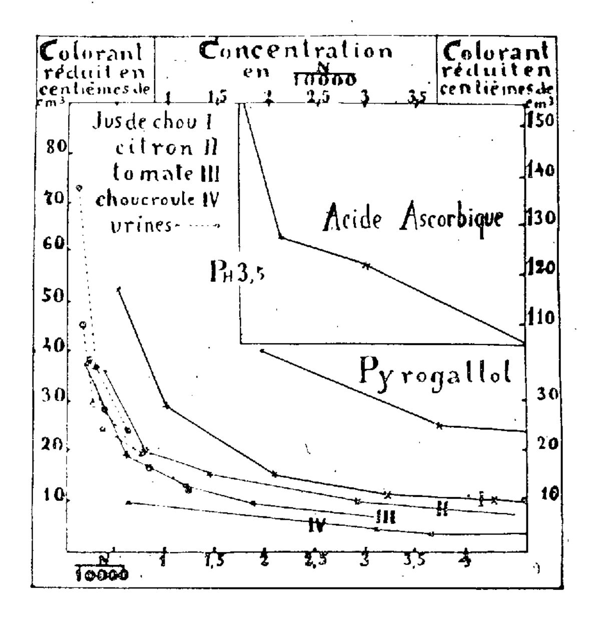
Zilva (1927-1931) attribua ce caractère à un corps hypothétique lorsqu'il le rencontra. Tillmans (1930), par contre, crut pouvoir l'appliquer directement au dosage de la vitamine C. Or cet indice, l'intensité du pouvoir décolorant, varie selon la concentration (1) et la forme chimique sous laquelle se présente la vitamine. En effet, Karrer (1932), Vargha (1932), Micheel (1933) ont obtenu différents dérivés de l'acide ascorbique munis d'un pouvoir réducteur distinct et dont *plusieurs* possèdent l'action antiscorbutique. Nous caractérisons les réducteurs de ce genre à l'aide de courbes établies en déterminant les volumes d'une solution du 2-6 chlorphénol-indophénol N/1000, que décolore une même quantité du réducteur éprouvé en concentrations diverses. Si la concentration est inconnue on la mesure par comparaison avec l'hydroquinol à l'aide de la réaction Bezssonoff.

Exemple : le jus de citron accuse une concentration du réducteur à fonction diénolique de 312 N/100000 ou 312.10^{-5} N. Dix centimètres cubes de jus de citron dilué au quart $= 78.10^{-5}$ N, décolorant $0^{cm^3},19$ de l'indicateur. Donc la concentration finale serait $78.10/10,2 = 76,10^{-5}$ N. Comme terme de comparaison est choisie la quantité du réducteur contenue dans 2^{cm^3} d'une solution 10^{-3} N. Elle réduit une quantité de colorant égale à $0^{cm^3},19$: $10.78.10^{-5}/2.10^{-3} = 0^{cm^3},05$. On place 76.10^{-5} sur l'abscisse et $0^{cm^3},05$ sur l'ordonnée. Les différents liquides biologiques que nous avons éprouvés étaient déféqués à l'acétate de plomb en dilution acide (pH = 3,5). Le jus de choucroute a été utilisé 28 heures après son extraction. Les urines provenaient d'enfants, d'un homme et de cobayes ayant absorbé du jus de citron, de tomates et de chou vert.

Les courbes montrent que le principe antiscorbutique ne se trouve pas dans les jus végétaux sous forme d'acide ascorbique libre. Une faible différence paraît également exister entre la substance antiscorbutique du jus de chou et des deux jus acides, elle concorde avec d'autres données.

(1) Bezssonoff et A. Delire, *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 2036.

D'accord avec Wollmann (1922), le réducteur excrété dans l'urine après absorption de vitamine C était considéré comme inactif. Or des dosages au réactif Bezssonoff ont montré que, même si ce réducteur était l'acide ascorbique, la quantité d'urine utilisée par Wollmann ne pouvait en contenir plus de 1/10e de la dose nécessaire. On peut donc admettre que le facteur antiscorbutique passe en partie dans l'urine. Le cobaye absorbant



20 doses antiscorbutiques en élimine ainsi 2 pour 100, l'homme jeune, sur 0,4 dose absorbée, 42 pour 100 et sur 1,2 dose, 74 pour 100. Cette excrétion est souvent nulle chez le malade. La courbe du jus de choucroute diffère essentiellement de celles des jus antiscorbutiques. Elle prolonge la courbe du pyrocatéchol située en dehors du graphique. Or d'après Wedgewood et Ford (1924), le jus de choucroute peut donner la réaction bleue et être privé d'action antiscorbutique.

PARASITOLOGIE. — *Recherches expérimentales sur la myiase des Batraciens provoquée par la mouche* Lucilia bufonivora. Note (¹) de M. E. **Brumpt**, présentée par M. P. Marchal.

Moniez a découvert pendant l'automne 1875 trois *Bufo vulgaris* dont les narines et la face étaient envahies par les larves d'un diptère dont il obtint l'éclosion en hiver et qu'il nomma *Lucilia bufonivora*. La biologie de ce Muscidé est restée inconnue jusqu'aux publications de Meinert (1889) et de Portchinsky (1898). Ces auteurs eurent l'occasion de capturer, le premier un crapaud vulgaire et le second une grenouille rousse (*Rana platyrrhina* ou *Rana oxyrrhina*) présentant sur leur corps des œufs qui, à l'éclosion, donnèrent des larves dont quelques-unes s'introduisirent dans les narines et les yeux des batraciens où elles se développèrent en reproduisant l'aspect observé dans la nature chez ces animaux.

En 1907, 1908 et 1909 j'ai eu assez souvent l'occasion de trouver à Roscoff, un certain nombre de *Bufo vulgaris* infectés par des larves de *Lucilia bufonivora* dont j'ai pu obtenir par élevage quelques exemplaires adultes et, le 8 août 1910, j'ai capturé à Roscoff également vers 15^h, par temps pluvieux, un *Bufo vulgaris* de 25^g présentant derrière l'épaule droite deux pontes blanches composées l'une de 20 et l'autre de 40 œufs posés à plat et non agglutinés comme c'est le cas dans les pontes des autres *Lucilia*. La première éclosion se produisit le 10 août à 22^h, d'autres suivirent le 11 août matin, enfin, une éclosion massive et totale eut lieu le même jour entre 17 et 19^h. Le 19 août, 4 larves mûres furent récoltées dans le cadavre du crapaud mort le 17, l'une d'elles se transforma en pupe le 22 août, tandis que les trois autres moururent.

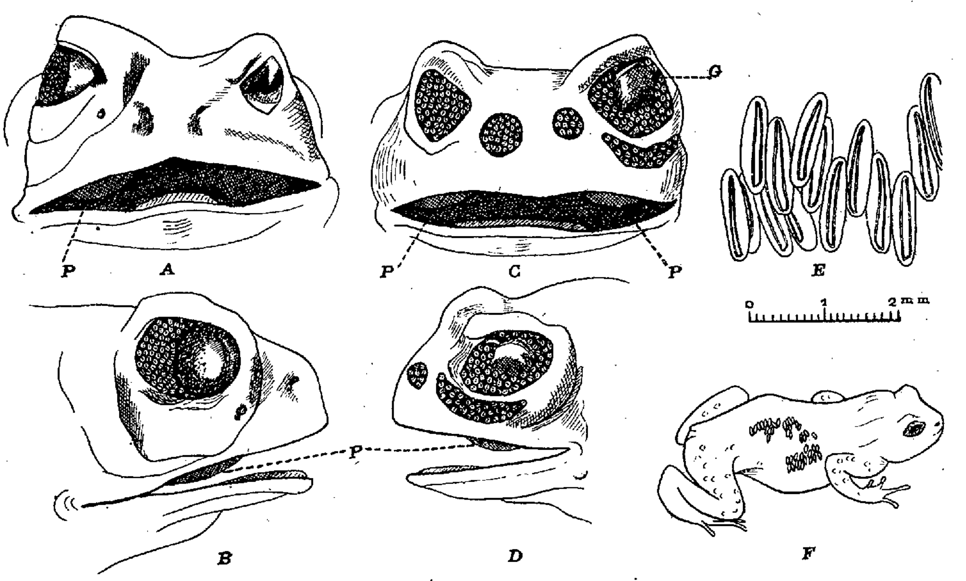
En Normandie, à Catz, près de Carentan, j'ai récolté du 15 août 1926 au 8 septembre quelques crapauds malades et j'ai pu transplanter à cette époque les larves qui remplissaient leurs narines, dans les orbites et les narines de *Rana temporaria* et de *Salamandra maculosa*.

Dans la même localité, du 24 juillet au 24 septembre 1933, j'ai récolté 35 *Bufo vulgaris* dont 13 malades qui m'ont permis d'entreprendre l'étude

(¹) Séance du 18 décembre 1933.

biologique de *Lucilia bufonivora*; je n'ai rencontré aucune infection spontanée chez 9 *Salamandra maculosa*, 3 *Alytes obstetricans*, 12 *Rana esculenta* et quelques tritons (*Molge cristata* et *M. palmata*) récoltés sur les routes de la même localité.

En utilisant, en Normandie, les mouches écloses du 8 au 20 août, j'ai pu provoquer des pontes abondantes sur 22 *Bufo vulgaris* et sur 2 *Alytes*, quelques œufs sur une *Salamandra maculosa* et une *Rana esculenta*, aucune



Lucilia bufonivora. — Infections expérimentales. A, B, tête du *Bufo* n° 5; C, D, *Bufo* n° 2 48 heures après l'infection par les larves; F, jeune *Bufo* présentant une ponte caractéristique, E, quelques œufs d'une ponte provenant de la seconde génération obtenue à Paris le 27 novembre (crapaud 632' XVI); P, saillie provoquée par les larves sur la voûte palatine.

ponte sur *Rana temporaria*, *Molge cristata*, *Molge palmata* et obtenir des infections intenses des narines et des yeux de *Bufo vulgaris* (voir figure). A Paris, en rompant la diapause des larves provenant de la première génération expérimentale obtenue dans les expériences signalées ci-dessus, j'ai pu obtenir des pontes d'une seconde génération sur trois *Bufo vulgaris*, une fertile et deux d'œufs non fécondés.

La place me manque pour exposer toutes mes observations concernant le déterminisme de la ponte et l'évolution complète de cette mouche tout particulièrement intéressante au point de vue de l'origine du parasitisme des Muscidés et des diverses adaptations qu'il comporte. Je me contenterai

de dire que les larves parfaitement formées au bout de 24 heures (¹), n'*éclosent pas spontanément*, fait unique chez les Calliphorinés, et peuvent être gardées au moins huit jours, en milieu humide, sur un fragment de peau prélevé à un batracien. Les éclosions se produisent en petit nombre par le frottement des œufs avec un pinceau humide et à peu près en totalité si la ponte est imbibée d'urine putréfiée et exposée à la chaleur solaire. L'éclosion s'effectue normalement vers le troisième ou le quatrième jour, elle coïncide souvent avec une mue du batracien et semble due à une exsudation produite au cours de ce phénomène ainsi qu'au frottement, cependant des œufs pondus, le 10 septembre, sur le crapaud neuf 24, n'ont éclos que le 18 du même mois.

PHYSIOLOGIE PATHOLOGIQUE. — *Essais thérapeutiques à base d'acides aminés sur les cancers spontanés de la Souris.* Note (²) de MM. **F. Vlès** et **A. de Coulon**, présentée par M. d'Arsonval.

Dans une série de recherches (1924-1933), partie d'une étude des modifications expérimentales et pathologiques des points isoélectriques de l'organisme (³), nous avions abouti (1929) à une thérapeutique du cancer de goudron de la Souris, basée sur l'emploi de certains acides aminés (principalement de la cystine) et susceptible de produire 60 pour 100 de régressions histologiques des tumeurs (dont 24 de disparitions totales) (⁴). L'action thérapeutique des acides aminés intéressants ayant paru se faire, non seulement par voie sous-cutanée, mais également par la simple ingestion alimentaire, nous avions été amenés (août 1930) à rapprocher ce type de cancer d'un processus de carence. D'autre part, une étude au moyen de méthodes statistiques (⁵) de la cancérisation par le goudron, nous avait permis d'analyser plus à fond

---

(¹) A Paris, dans une étuve humide à la température de 25°, j'ai observé dans l'expérience 653 (XVI) des éclosions précoces en 24 heures sur un crapaud posé sur du coton souillé de ses déjections et de son urine.

(²) Séance du 18 décembre 1933.

(³) F. Vlès et A. de Coulon, *Arch. Phys. biol.*, 7, n° 5, 1929, p. 1-64.

(⁴) F. Vlès, A. de Coulon et J. L. Nicod, *Comptes rendus*, **191**, 1930, p. 350; F. Vlès et A. de Coulon, *Arch. Phys. biol.*, 7, n° 4, 1930, p. 183; 9, n° 1, 1931, p. 5-13.

(⁵) F. Vlès, A. de Coulon et A. Ugo, *Arch. Phys. biol.*, 9, nᵒˢ 3-4, 1932, p. 209-204; 10, n° 4, 1933, p. 304-317.

les phénomènes en nous montrant qu'en dehors de l'apport exogène d'une surcharge des acides aminés intéressants, une action amortissante notable de la cancérisation pouvait être obtenue si l'on faisait ingérer aux Souris divers éléments empruntés soit à la muqueuse du tube digestif (même chauffée à 100°), soit à certaines glandes endocrines (ce qui était d'ailleurs déjà connu en partie). En dehors du mécanisme donné par l'appoint des acides aminés, il semblait donc exister d'autres mécanismes, soit probablement du type diastasique, soit du type endocrinien, d'apparence indépendante, et dont chacun paraissait susceptible d'agir d'une façon plus ou moins favorable sur ce cancer.

A titre d'hypothèse de travail provisoire, nous avons alors supposé que le parallélisme de ces différentes actions pouvait dans l'organisme ne pas être fortuit, mais qu'elles devaient se grouper ou se compenser mutuellement autour de certains processus encore inconnus, échelonnés entre l'isolement alimentaire des amino-acides et l'utilisation finale de ceux-ci au moment des synthèses de l'organisme. Nous avons donc jugé utile de sommer ces divers mécanismes, et adjoint à la thérapeutique par acides aminés antérieurement instituée, divers compléments provenant d'éléments, soit du tube digestif, soit de glandes endocrines (muqueuse du tube digestif de Porc, estomac et premier mètre de l'intestin, pancréas; surrénale, testicule, hypophyse, thyroïde); cette thérapeutique mixte (¹) a été appliquée alors, non plus au cancer de goudron, mais *à des tumeurs spontanées de la Souris*.

Deux séries d'expériences ont été tentées sur des Souris spontanément cancéreuses, provenant d'élevages différents (Strasbourg et Lausanne), et menées dans des conditions qui se complètent. L'expérience de Strasbourg, très homogène, a été tentée avec des Souris d'un même lot dont quatre ont présenté leurs tumeurs (épithéliomas glandulaires) simultanément et ont ainsi pu être traitées en parallèle. Ces tumeurs étant dans un état relativement avancé, le traitement en a dû être particulièrement intensif : *les disparitions de tumeurs ont demandé à peine une dizaine de jours;* comme

---

(¹) Les proportions des constituants du mélange avaient été arrêtées à la formule ci-dessous (calculée pour 10g de poudre totale) : *l.*-cystine, 1g,55; *d. l.*-alanine, 0g,57; *d.l.*-proline, 0g,75; poudre d'estomac, 0g,83; poudre d'intestin, 0g,83; pancréas; 1g,23; poudre de peau, 2g,88; thyroïde, 0g,04; hypophyse, 0g,11; testicule, 0g,29, surrénales, 0g,06; thymus, 0g,57; moelle osseuse, 0g,29. (Dans les dernières expériences les deux derniers constituants furent d'ailleurs supprimés sans inconvénient et les quatre endocriniens précédents renforcés.)

corollaire, les Souris ont paru mal supporter le régime très brutal : les animaux étaient en mauvais état, avec le poil mouillé, de la polypnée (probablement hyperthermique), des tremblements et des troubles d'équilibration ; pour les fortes doses les animaux n'ont eu qu'une survie de quelques jours. Les Souris n'ayant pas présenté de disparition de tumeurs ont néanmoins montré des réductions du nombre des mitoses, pouvant aller jusqu'à 50 pour 100.

L'expérience de Lausanne, faite sur des tumeurs plus jeunes et avec plus de ménagements, a permis d'étaler le traitement sur une période plus longue; elle a porté exclusivement sur des tumeurs de la vulve et surtout des glandes mammaires de femelles, tumeurs spontanées provenant d'élevages mis électriquement au sol ([1]). On a fait ingérer aux Souris les mélanges d'acides aminés et de poudres des divers organes, agglomérés avec de la dextrine en une pâte enrobant des grains de blé, et desséché ([2]). Les examens anatomo-pathologiques ont été effectués à Strasbourg par Mlle le Dr Hoerner, et à Lausanne, par M. le professeur Nicod.

I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.
Strasbourg	5	0g,23-0g,50	2	2	–	1	9-12 jours
Lausanne	19	0g,16-0g,22	8	1	5	5	10-42 jours
Total	24		10	3	5	6	

I. Origine de l'élevage. — II. Souris mises en expérience. — III. Poids moyen de substance absorbée par jour et par Souris. — IV. *Disparitions* de tumeurs. — V. Tumeurs en voie d'*amélioration*. — VI. *Stationnaires*, souvent avec régressions des mitoses. — VII. *Aggravations* franches. — VIII. Temps de disparition des tumeurs.

Si l'on réunit ces deux expériences, la technique actuelle permet ainsi d'obtenir sur certains cancers spontanés (épithéliomas glandulaires, etc.) de la Souris *plus de 4/10es de disparitions de tumeurs*. Rappelons que dans des expériences antérieures ([3]) avec les acides aminés du mélange IIIB seuls, on avait obtenu sur 18 Souris (Lausanne): 2 disparitions, 1 amélioration, 11 aggravations et 4 stationnaires. On assiste donc à une amélioration nette des pourcentages de réussite (4 pour 10 au lieu de 1,1 pour 10).

---

(1) F. Vlès et A. de Coulon, *Arch. Phys. biol.*, 10, n° 2, 1933, p. 119.

(2) Une dessiccation rapide de la pâte est indispensable, un certain nombre de ces produits s'altérant vite en présence d'eau.

(3) F. Vlès et A. de Coulon, *Arch. Phys. biol.*, 9, n°s 3-4, 1932, p. 257.

CHIMIE PATHOLOGIQUE. — *Contribution à l'étude des processus chimiques intervenant pour produire l'œdème aigu de poumons ayant subi le contact de certains gaz agressifs qui furent utilisés comme armes chimiques de guerre.* Note (1) de M. **André Kling**, présentée par M. Ch. Achard.

Avec l'intelligent concours de mes assistants, MM. Lusinchi, Pallaud et Chantereau, j'ai repris un travail ébauché, en 1915, lorsque M. Hanriot et moi-même, ayant reconnu l'action neutralisante des matières grasses vis-à-vis des gaz de combat utilisés à cette époque, avons proposé et fait accepter, pour protéger les combattants contre leurs effets, le principe du baillon imprégné de matières grasses.

Un ensemble de considérations, que le cadre de cette Note ne me permet pas de développer ici, m'a conduit à penser que la cause pour laquelle des gaz, tels que le chlore, le brome, l'oxychlorure de carbone, etc., étaient absorbés par les graisses, de même que celle pour laquelle ces gaz exerçaient une action aussi énergique sur le parenchyme pulmonaire, devaient être recherchées dans la possibilité d'une réaction intervenant entre ces gaz et les stérols contenus dans toutes les matières grasses et, en proportions exceptionnellement élevées, dans les graisses de poumons (0,4 pour 100 environ). En effet, ainsi que nous l'avons vérifié, le cholestérol qui, incorporé dans une graisse *hydrofuge*, fait baisser la tension interfaciale qui se produit lors de son contact avec l'eau, au point de permettre à cette graisse de se laisser pénétrer par l'eau, c'est-à-dire de devenir hydrophile, ce cholestérol, disons-nous, perd totalement cette propriété lorsque la constitution de sa molécule a été modifiée, soit par saturation de sa double liaison, soit par éthérification de sa fonction alcoolique.

J'ai donc pensé que les exsudations massives, consécutives à l'œdème aigu que subissent les poumons ayant été en contact avec des gaz de combat, tels que le chlore, le brome, l'oxychlorure de carbone et analogues (di et triphosgène) pourraient bien être la conséquence d'une modification de l'hydrophilie des matières grasses imprégnant le protoplasma des diverses espèces de cellules pulmonaires, modifications provoquées par le passage d'une partie du stérol que contiennent ces matières grasses, de

(1) Séance du 18 décembre 1933.

l'état libre, c'est-à-dire d'une forme active (au point de vue hydrophilie), à l'état de combinaisons devenues inactives, à ce même point de vue.

L'exactitude de mon hypothèse s'est vérifiée par les résultats expérimentaux suivants, que nous avons obtenus :

1° Les composés d'addition fournis par action du chlore ou du brome sur le cholestérol (extrait des poumons) sont incapables de conférer l'hydrophilie à une matière grasse hydrofuge, alors que le stérol originel possédait cette propriété. Ils prennent déjà naissance, lorsqu'on met en contact des atmosphères même dilués de ces gaz, soit avec des graisses extraites de poumons, soit avec de la pulpe de poumons, ou lorsqu'on fait respirer des animaux dans ces atmosphères;

2° Le $COCl^2$ (phosgène), le di et le triphosgène, en agissant sur le cholestérol (extrait des poumons), dans des conditions analogues à celles où ces produits peuvent réagir au sein des tissus pulmonaires, fournissent un dérivé, bien cristallisé, que nous avons obtenu à l'état de pureté, qui fond à 108-110° et que l'analyse ainsi que ses réactions caractérisent comme éther chlorocarbonique du cholestérol. Son activité, au point de vue hydrophilie, est absolument nulle, alors que celle du stérol générateur était notable. Un dosage de Cl, combiné à une détermination d'indice de saponification effectuée par de la soude alcoolique, rigoureusement exempte de carbonates, et en présence de $Ba(NO^3)^2$, permet de caractériser et de doser l'éther chlorocarbonique dans les graisses auxquelles il est mélangé. En effet, les graisses, à l'état normal, ne contiennent pas trace de chlore, ni d'éthers susceptibles de fournir CO^2 à la saponification. Comme, en outre, le chlorocarbonate de stérol ne précipite pas par la digitonine, ainsi que le fait le stérol libre, on dispose d'un second moyen d'apprécier quelle aura été, pour une graisse soumise à la phosgénation, la proportion de stérol entrée en combinaison.

Appliquant ces procédés analytiques à des graisses soumises à l'action du phosgène, en particulier en présence d'un excès d'une solution tampon dont le pH (7,6) était voisin de celui du sérum sanguin, nous avons pu démontrer la formation dans ces graisses, de l'éther chlorocarbonique du stérol, en même temps qu'une perte d'hydrophilie, dont l'importance était fonction de la proportion de stérol libre disparue.

Nous avons effectué les mêmes opérations sur les matières grasses extraites de la pulpe de poumons sains ayant été exposés à l'action de $COCl^2$, ainsi que sur les graisses extraites des poumons d'animaux

intoxiqués par séjour dans des atmosphères assez concentrées en $COCl^2$ et qui étaient morts, ou qui avaient été sacrifiés, avant le moment où leurs poumons auraient pu rejeter, dans les liquides d'œdème, une proportion notable de leur matière grasse.

La conclusion à tirer des faits ci-dessus très brièvement résumés est que l'une des principales raisons pour lesquelles les gaz suffocants Cl, Br, $COCl^2$ et dérivés tels que diphosgène et triphosgène, provoquent des œdèmes aigus des poumons ayant subi leur contact, réside dans le fait de modifications d'hydrophilie subies par les matières grasses imprégnant les cellules pulmonaires, modifications déterminées par le passage d'une partie du cholestérol que renferment ces graisses de l'état libre à l'état de combinaisons d'additions, ou d'éther chlorocarbonique.

Je me réserve de poursuivre, non seulement le développement du présent travail, mais aussi d'aborder, dans l'esprit où il a été conçu, l'étude d'un certain nombre d'autres problèmes qu'il me paraît susceptible d'inspirer.

La séance est levée à $15^h 30^m$.

E. P.

ERRATA.

—

(Séance du 18 décembre 1933.)

Note de M. *Mandelbrojt*, Quelques théorèmes sur les séries de Fourier :

Page 1571, ligne 18, *au lieu de* $|f_\alpha(t)| > e^{\alpha-\rho}$, *lire* $|f_\alpha(t)| < e^{\alpha-\rho}$.

FIN DU TOME CENT-QUATRE-VINGT-DIX-SEPTIÈME.

COMPTES RENDUS

DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

TABLES ALPHABÉTIQUES.

JUILLET — DÉCEMBRE 1933.

TABLE DES MATIÈRES DU TOME 197.

1° VIE ACADÉMIQUE.

A

B

C

D

E

F

H

I

M

N

O

P

S

2° TRAVAUX SCIENTIFIQUES.

A

B

C

D

E

F

G

H

I

K

L

M

N

O

P

Q

R

S

T

U

V

X

Z

TABLE DES AUTEURS.

A

B

C

D

E

F

G

H

I

J

K

L

M

N

O

P

Q

R

S

T

U

V

W

Y

Z

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.
98377-34 Paris. — Quai des Grands-Augustins, 55.